



Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών

Τμήμα Αυτοματισμού

Πτυχιακή Εργασία

Θέμα:

«ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑ ΤΑΣΗΣ ΜΕ
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΕΙΣ.»



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΙΧΑΛΗΣ ΠΑΠΟΥΤΣΙΔΑΚΗΣ

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ ΚΟΥΤΡΗ

Α. Μ. : 31868

ΑΙΓΑΛΕΩ 2014

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	4
1.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.).....	5
1.2 Ιστορική αναδρομή στην ηλιακή ενέργεια	8
1.2.1 Τα πρώτα πειράματα με την ηλιακή ενέργεια	9
1.2.2 Η αφθονία της ηλιακής ενέργειας	9
1.2.3 Λόγοι για να στραφούμε στην ηλιακή ενέργεια	11
1.3 Ηλιακή Ενέργεια	12
1.3.1 Παθητικά Ηλιακά Συστήματα	14
1.3.1.1 Υλικά Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων	15
1.3.1.2 Κατηγορίες Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων Θέρμανσης	17
1.3.1.3 Επιλογή Παθητικού Συστήματος Θέρμανσης	20
1.3.2 Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα	20
1.3.2.1 Ηλιακοί Συλλέκτες	20
1.3.2.2 Ηλιακοί Θερμοσίφωνες	22
1.3.3 Φωτοβολταϊκά Συστήματα	23
1.3.3.1 Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο.....	26
1.3.3.2 Φωτοβολταϊκά Πάρκα	27
1.3.3.3 Ταξινόμηση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων	29
1.3.3.3.1 Διασυνδεδεμένα Φωτοβολταϊκά Συστήματα	29
1.3.3.3.2 Αυτόνομα Φωτοβολταϊκά Συστήματα	30
1.3.3.3.3 Υβριδικά Συστήματα	31
1.3.3.4 Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα Εγκατάστασης Φ/Β	32
Κεφάλαιο 2: Εισαγωγή	35
2.1 Μέρη Ενός Φωτοβολταϊκού Συστήματος	35
2.1.1 Φωτοβολταϊκά πάνελ	35

2.1.2	Συσσωρευτές	41
2.1.2.1	Δομή Συσσωρευτών.....	42
2.1.2.2	Τύποι Συσσωρευτών	44
2.1.2.3	Χαρακτηριστικά Μεγέθη Μπαταρίας.....	46
2.1.3	Αντιστροφέας DC/AC	48
2.1.3.1	Αρχή Λειτουργίας Αντιστροφέα	50
2.1.3.2	Εφαρμογές Αντιστροφέα	50
2.1.3.3	Κριτήρια Επιλογής Αντιστροφέα	51
2.1.3.4	Τύποι Αντιστροφέ	54
2.1.3.4.1	Μονοφασικός Αντιστροφέας	56
2.1.3.4.2	Τριφασικός Αντιστροφέας	58
2.1.3.5	Ρύθμιση Τάσης Σε Έναν Αντιστροφέα	58
2.1.3.6	Βαθμός Απόδοσης Αντιστροφέα.....	58
2.1.3.7	Βαθμός Προστασίας Αντιστροφέα	59
	Βιβλιογραφία	61
	Εικόνες.....	61

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Κατά την διάρκεια του τελευταίου αιώνα, οι ανθρώπινες κοινωνίες άντλησαν το μεγαλύτερο μέρος της καταναλισκόμενης ενεργειάς τους από την καύση των ορυκτών καυσίμων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι συμβατικές μορφές ενέργειας ήταν σχετικά φθηνότερες και πιο εύκολες στην εκμεταλλεύσή τους σε σχέση με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.). Επίσης σημαντικά σε αυτό συνέβαλε σημαντικά το γεγονός ότι μέχρι πρόσφατα η ρύπανση του περιβάλλοντος δεν είχε λάβει τόσο ανησυχητικές διαστάσεις.

Πλέον όμως, τα ενεργειακά θέματα και κυρίως η σχέση της παραγωγής και χρήσης ενέργειας με το περιβάλλον, αποτελούν αντικείμενο συζητήσεων και προβληματισμών, όχι μόνο για τον χώρο των επιστημών και των πολιτικών, αλλά και για τον χώρο των επιχειρήσεων και κατ'επέκταση για όλη την κοινωνία. Νέες και πολλά υποσχόμενες τεχνολογίες κάνουν δυναμικά την εμφάνισή τους, με φιλόδοξο στόχο να αντικαταστήσουν τα ρυπογόνα ορυκτά καύσιμα και να μας οδηγήσουν σε μια νέα εποχή καθαρών ενεργειακών λύσεων.



1.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.)

Η εκμετάλλευση του ήλιου, του ανέμου, του νερού, της γεωθερμίας και της βιομάζας, που αποτελούν πηγές ενέργειας φιλικές προς το περιβάλλον, μπορούν και πρέπει να γίνουν οικονομικά εκμεταλλεύσιμες ώστε να συμβάλλουν στην αειφόρο ανάπτυξη, εφόσον είναι ανανεώσιμες και ρυπαίνουν ελάχιστα ή καθόλου.

Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) ορίζονται οι ενεργειακές πηγές που τροφοδοτούνται συνεχώς με ενέργεια από τον ήλιο με τέτοιους ρυθμούς, ώστε να θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες και ικανές να υποκαταστήσουν πολλές από τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον είναι καθαρές πηγές ενέργειας όπως:

- Ο ήλιος (ηλιακή ενέργεια)

Χρησιμοποιείται περισσότερο για θερμικές εφαρμογές (ηλιακοί θερμοσίφωνες και φούρνοι) ενώ η χρήση της για την παραγωγή ηλεκτρισμού έχει αρχίσει να κερδίζει έδαφος, με την βοήθεια της πολιτικής προώθησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας από το ελληνικό κράτος και την Ευρωπαϊκή Ένωση.



- Ο άνεμος (αιολική ενέργεια),

Αιολική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου. Η ενέργεια αυτή χαρακτηρίζεται "ήπια μορφή ενέργειας" και περιλαμβάνεται στις "καθαρές" πηγές, όπως συνηθίζονται να λέγονται οι πηγές ενέργειας που δεν εκπέμπουν ή δεν προκαλούν ρύπους.



- Οι υδατοπτώσεις (υδραυλική ενέργεια),

Υδραυλική και εν μέρει υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η ενέργεια που αποταμιεύεται ως δυναμική ενέργεια μέσα σε βαρυτικό πεδίο με τη συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων νερού σε υψομετρική διαφορά από τη συνέχιση της ροής του ελεύθερου νερού, και αποδίδεται ως κινητική μέσω της υδατόπτωσης



- Η ενέργεια των κυμάτων, ρευμάτων, ωκεανών,
 - Ενέργεια από κύματα. Εκμεταλλεύεται την κινητική ενέργεια των κυμάτων της θάλασσας.
 - Ενέργεια από τους ωκεανούς. Εκμεταλλεύεται τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα στρώματα του ωκεανού, κάνοντας χρήση θερμικών κύκλων. Βρίσκεται στο στάδιο της έρευνας.

- Ενέργεια από παλίρροιες. Εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα του Ήλιου και της Σελήνης, που προκαλεί ανύψωση της στάθμης του νερού. Το νερό αποθηκεύεται καθώς ανεβαίνει και για να ξανακατέβει αναγκάζεται να περάσει μέσα από μια τουρμπίνα, παράγοντας ηλεκτρισμό.



- Η ενέργεια της βιομάζας

Χρησιμοποιεί τους υδατάνθρακες των φυτών (κυρίως αποβλήτων της βιομηχανίας ξύλου, τροφίμων και ζωοτροφών και της βιομηχανίας ζάχαρης) με σκοπό την αποδέσμευση της ενέργειας που δεσμεύτηκε απ' το φυτό με τη φωτοσύνθεση. Ακόμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν αστικά απόβλητα και απορρίμματα.



- Γεωθερμική ενέργεια

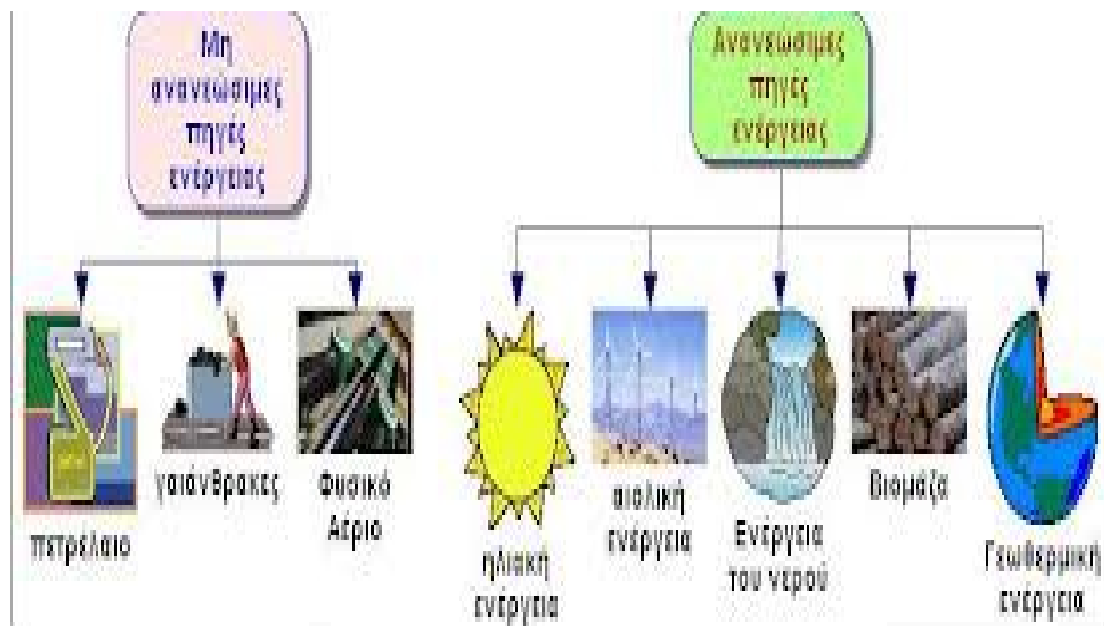
Προέρχεται από το εσωτερικό της γης και σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Μεταφέρεται στην επιφάνεια με θερμική επαγωγή και με την είσοδο στον φλοιό της γης λειωμένου μάγματος από τα βαθύτερα στρώματά της.



Για να είναι χρήσιμη μια πηγή ενέργειας είναι αναγκαίες ορισμένες προϋποθέσεις:

- Η ενέργεια αυτή να είναι άφθονη και η πρόσβαση στην ενεργειακή πηγή εύκολη
- Να μετατρέπεται χωρίς δυσκολία σε μορφή που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα σύγχρονα μηχανήματα
- Να μεταφέρεται εύκολα
- Να αποθηκεύεται εύκολα

Η χρήση των ανανεώσιμων ή εναλλακτικών πηγών ενέργειας είναι ακόμα πολύ περιορισμένη σε παγκόσμια κλίμακα, εξυπηρετεί όμως τον στόχο της προστασίας του περιβάλλοντος, γιατί είναι φιλικές προς το περιβάλλον. Έτσι το μεγάλο στοίχημα είναι να καθιερωθούν δημιουργώντας μεγαλύτερη οικονομική ευστάθεια σε κράτη εξαρτημένα ενεργειακά και να μειώσουν τις κλιματολογικές διαταραχές που παρατηρούμε πλέον σε παγκόσμια κλίμακα όλο και πιο έντονα.



1.2 Ιστορική αναδρομή στην ηλιακή ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια, είναι η ενέργεια που μεταδίδεται στην γη από τον ήλιο. Έχει δημιουργήσει άμεσα ή έμμεσα όλα τα ενεργειακά αποθέματα στη γη, από την εποχή του σχηματισμού του πλανήτη. Η ανάλυση έχει δείξει, ότι οι περισσότερες μορφές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σήμερα, προέρχονται από τον ήλιο, εκτός από την πυρηνική ενέργεια και την γεωθερμία.

Η σημασία του ήλιου στις ανθρώπινες προσπάθειες, δεν μπορεί να παραβλεφθεί. Μία μελέτη των Δυτικών ή Ανατολικών φιλοσοφιών αποκαλύπτει πολλούς μύθους και θρύλους που αποδεικνύουν την υποχρέωση του ανθρώπου στον ήλιο, ο οποίος παρέχει χρήσιμη θερμότητα και τον απαιτούμενο μηχανισμό παραγωγής των καλλιεργειών. Η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται επί χιλιάδες χρόνια για την αποξήρανση της τροφής, ως καύσιμο για την εξαγωγή του αλατιού. Με το χρόνο, αναπτύχθηκε η αρχιτεκτονική έτσι ώστε να εκμεταλλεύεται τον ήλιο για θέρμανση ή να τον αποφεύγει για ψύξη.

1.2.1 Τα πρώτα πειράματα με την ηλιακή ενέργεια

Η χρήση της ηλιακής ενέργειας δεν περιορίστηκε μόνο στην θέρμανση και στην ψύξη των κτιρίων. Τα πρώτα πειράματα με την ενέργεια αυτή, βοήθησαν σε πολλές επιστημονικές ανακαλύψεις και εφευρέσεις. Για παράδειγμα, το 1774 ο Βρετανός χημικός Joseph Priestley ανακάλυψε ότι συγκεντρωμένες ηλιακές ακτίνες πάνω σε οξείδιο του υδραργύρου, προκαλούσαν την απελευθέρωση κάποιου αερίου. Ο Priestley διαπίστωσε, ότι η φλόγα των κεριών ήταν λαμπρότερη όταν περιβαλλόταν

από το αέριο αυτό. Γι'αυτό, νόμιζε ότι το αέριο αυτό ήταν αέρας μεγαλύτερης τελειότητας. Με παρόμοια πειράματα συγκεντρωμένου ηλιακού φωτός από οπτικούς φακούς, ο Γάλλος χημικός Antoine Lavoisier ανακάλυψε ορθά, ότι το αέριο αυτό ήταν το οξυγόνο.

Το 1872, κατασκευάστηκε στην Χιλή ένα αποστακτήριο, για την παραγωγή πόσιμου ύδατος από αλμυρό νερό. Κατά το πείραμα αυτό, τοποθετήθηκαν πάνω από το αλμυρό νερό κεκλιμένες γυάλινες οροφές. Η ηλιακή ενέργεια διαπερνούσε το γυαλί και ανέβαζε την θερμοκρασία του αλμυρού νερού. Αυτό προκαλούσε την εξάτμιση του νερού και την συμπύκνωση των παραγόμενων υδρατμών κάτω από το γυαλί. Το συμπυκνωμένο αυτό νερό, έρεε με την βοήθεια καναλιών προς κάποιες συλλεκτικές λεκάνες. Η εγκατάσταση αυτή, μπορούσε να παρέχει στον πληθυσμό της περιοχής, περί τα 6.000 γαλόνια πόσιμου νερού ημερησίως.

1.2.2. Η αφθονία της ηλιακής ενέργειας

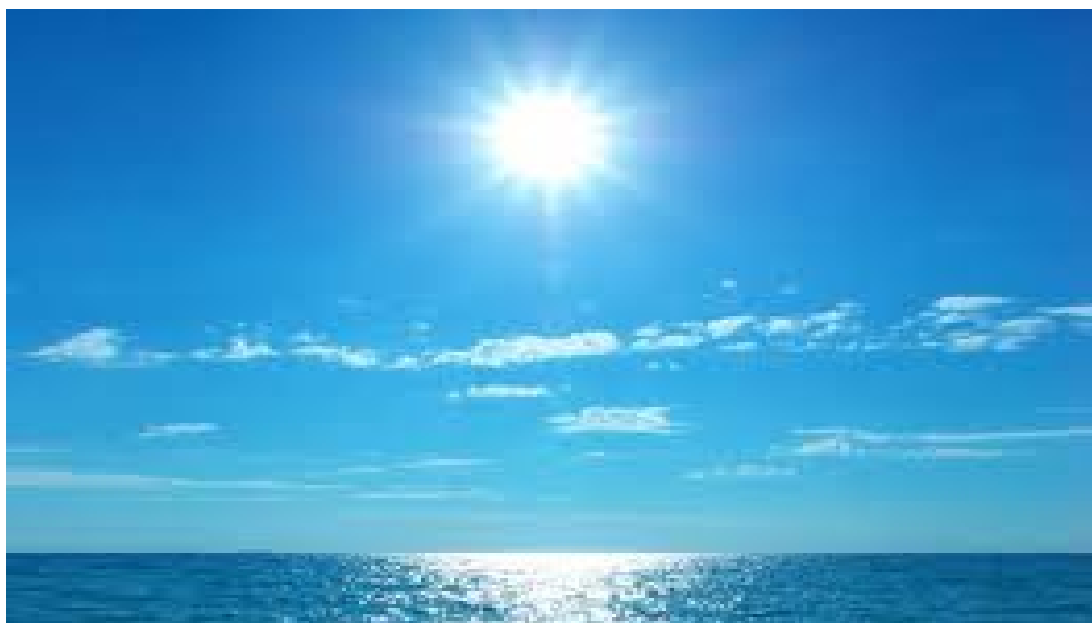
Οι ερευνητές του υπουργείου ενέργειας των ΗΠΑ έχουν καταγράψει την ποσότητα της διαθέσιμης ηλιακής ενέργειας. Σε παγκόσμια κλίμακα η ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που καταφθάνει στη γη μέσα σε μία περίοδο δύο εβδομάδων, είναι ισοδύναμη με την ενέργεια όλων των αποθεμάτων φυσικών καυσίμων υδρογονανθράκων (γαιάνθρακα, πετρελαίου και φυσικού αερίου). Το συνολικό ποσό ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στην γήινη ατμόσφαιρα μέσα σε ένα χρόνο, ισούται περίπου με 35.000 φορές την ενέργεια που χρησιμοποιεί η ανθρωπότητα ετησίως. Στα εξωτερικά όρια της ατμόσφαιρας, η μέση ένταση της ηλιακής ενέργειας είναι 1.36 KWatts ανά τετραγωνικό μέτρο (μετρούμενη στο κάθετο προς αυτήν επίπεδο). Ο αριθμός αυτός, είναι γνωστός ως ηλιακή σταθερή, και λαμβάνει την μέγιστη αυτή τιμή όταν ο ήλιος είναι κατακόρυφος στον ουρανό.

Στις άλλες περιπτώσεις της ημέρας, η λαμβανόμενη ενέργεια εξαρτάται από την γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών πάνω στην επιφάνεια της ατμόσφαιρας. Άλλες παράμετροι που επηρεάζουν τη λαμβανόμενη ηλιακή ενέργεια είναι το γεωγραφικό πλάτος, η χρονική στιγμή της ημέρας και η εποχή του χρόνου.

Να σημειωθεί επίσης, ότι για το μισό περίπου χρονικό διάστημα, η γη δεν λαμβάνει απευθείας ηλιακή ενέργεια. Φανταστείτε, ότι η σημερινή τεχνολογία αν μπορούσε να συλλάβει την ποσότητα της διαθέσιμης ηλιακής ενέργειας στα εξωτερικά όρια της ατμόσφαιρας, τότε δεν θα υπήρχε πρόβλημα εξάντλησης των ενεργειακών πηγών.

Αυτή η αφθονία ενέργειας, θα μπορούσε να επιτρέψει τον περισσότερο ισότιμο ανταγωνισμό των αναπτυσσόμενων και βιομηχανικών χωρών στην παγκόσμια αγορά. Υπενθυμίζεται, ότι η χρήση φθηνών ενεργειακών πηγών, αποτελεί

απαιτηση της παραγωγής αγαθών και υπηρεσιών. Η μεγάλη αυτή ποσότητα ενέργειας δεν μπορεί να κατανοηθεί εύκολα, αλλά ενισχύει την έννοια ότι η ηλιακή ενέργεια αποτελεί μια πραγματικά ανεξάντλητη πηγή.



Το μεγαλύτερο ποσό της ενέργειας αυτής, δεν μπορεί να συλλεχθεί. Καθώς διαχέεται μέσα στην ατμόσφαιρα, ανακλάται πίσω στο διάστημα ή απορροφάται από τα φυτά και τις υδάτινες μάζες. Λαμβάνοντας υπόψη τις απώλειες αυτές, ο ήλιος εξακολουθεί να παρέχει τεράστια αποθέματα ενέργειας. Για παράδειγμα περίπου το 13% της ηλιακής ενέργειας στα εξωτερικά όρια της ατμόσφαιρας, φθάνει στο έδαφος. Υποθέτοντας, ότι η ενέργεια αυτή μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό με βαθμό απόδοσης 20%, τότε θα ήταν δυνατό να τροφοδοτηθούν όλες οι ηλεκτρικές ανάγκες μιας χώρας. Πρακτικά, εάν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ολόκληρη η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στην οροφή κάποιας κατοικίας, τότε θα τροφοδοτούνταν όλες οι ηλεκτρικές ανάγκες του σπιτιού.

1.2.3 Λόγοι για να στραφούμε στην ηλιακή ενέργεια

Υπάρχουν δέκα σημαντικοί λόγοι για να στραφούμε στην ηλιακή ενέργεια οι οποίοι αναφέρονται παρακάτω:

- Αξιοπιστία

Είναι μια καθ'όλα ώριμη και δοκιμασμένη τεχνολογία.

- Αποκέντρωση

Η θερμική ενέργεια παράγεται στα σημεία ζήτησής της. Αποφεύγονται έτσι οι τεράστιες απώλειες μεταφοράς ενέργειας μέσω του ηλεκτρικού δικτύου (που στην Ελλάδα φτάνουν κατά μέσο όρο το 12%).

- Αυτονομία

Αποτρέπονται οι τεράστιες δαπάνες για εισαγωγή ενέργειας και η ανασφάλεια λόγω εξάρτησης από εισαγόμενους ενεργειακούς πόρους. το 70% των ενεργειακών πόρων που καταναλώνει, τη στιγμή που ο ήλιος είναι δωρεάν και υπάρχει παντού.

- Ανάπτυξη

Η ενίσχυση της εγχώριας αγοράς θα αυξήσει την ποιότητα των ελληνικών προϊόντων προκειμένου να αντιμετωπίσουν το ανταγωνιστικότερο περιβάλλον των εξαγωγών.

- Θέσεις εργασίας

Ήδη πάνω από 3.500 άτομα απασχολούνται στη βιομηχανία ηλιοθερμικών συστημάτων στην Ελλάδα. Η περαιτέρω ανάπτυξη της αγοράς συνεπάγεται νέες θέσεις εργασίας σε μια καθαρή τεχνολογία.

- Ευκολία

Η τοποθέτηση ενός ηλιακού συλλέκτη είναι απλή. Η δε συντήρηση που απαιτεί είναι ελάχιστη.

- Εξοικονόμηση χρημάτων

Για τον απλό καταναλωτή, ο ηλιακός θερμοσίφοντας είναι η πιο απλή και συμφέρουσα λύση για να περικόψει τους λογαριασμούς ρεύματος. Το μέσο ετήσιο κέρδος του μπορεί να φτάσει έως 100 ευρώ περίπου.

- Εξοικονόμηση ενέργειας

Για την Ελλάδα, η εξοικονόμηση που ήδη συντελείται είναι πολύ σημαντική. Οι εγκατεστημένοι ηλιακοί θερμοσίφωνες εξοικονομούν ήδη 1,1 δισεκατομμύρια κιλοβατώρες το χρόνο, όση ενέργεια παράγει δηλαδή ένας συμβατικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής, ισχύος 200 μεγαβάτ. Χωρίς τους ηλιακούς θερμοσίφωνες θα υπήρχε ένα σημαντικό έλλειμμα ισχύος, ιδιαίτερα στα απομονωμένα ηλεκτρικά δίκτυα των νησιών που θα αντιμετώπιζαν έτσι συχνές διακοπές ρεύματος, ιδίως κατά την καλοκαιρινή τουριστική περίοδο.

- Προστασία περιβάλλοντος

Αποτρέπεται η έκλυση μεγάλων ποσοτήτων ρύπων που επιβαρύνουν το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία.

- Κλιματικές αλλαγές

Αποτρέπεται η κατανάλωση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα και κατά συνέπεια οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που προκαλούν τις παγκόσμιες κλιματικές αλλαγές. Ένα τυπικό θερμοσιφωνικό σύστημα για οικιακή χρήση παράγει στην Ελλάδα ετησίως 840-1.080 κιλοβατώρες και αποσοβεί την έκλυση 925-1.200 κιλών CO₂ το χρόνο, όσο δηλαδή θα απορροφούσε 1,5 στρέμμα δάσους.

1.3 Ηλιακή Ενέργεια

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας.

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για κάλυψη των καθημερινών αναγκών του ανθρώπου δεν είναι κάτι το πρωτοφανές. Από αρχαιοτάτων χρόνων η ηλιακή ενέργεια αξιοποιήθηκε από τον άνθρωπο στην γεωργία, την κατοικία και την βιομηχανία.

Όμως χρειάστηκε να ξεσπάσει η ενεργειακή κρίση το 1973, ώστε να στραφεί το ενδιαφέρον του κόσμου ξανά σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή. Ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του 1970 είχε επιδειχθεί ενδιαφέρον για έρευνα και εφαρμογή στην ηλιακή ενέργεια.

Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της. Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα.



Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύτατο φάσμα εφαρμογών όπως παραγωγή ηλεκτρισμού από μεγάλες μονάδες και απευθείας σύνδεση με το δίκτυο της ηλεκτροπαραγωγής σε οικιακό και εμπορικό επίπεδο για κάλυψη βασικών αναγκών (π.χ. φωτισμός, ψυγείο, τηλεόραση κτλ.), τηλεπικοινωνίες, άντληση νερού, σηματοδότηση κτλ.

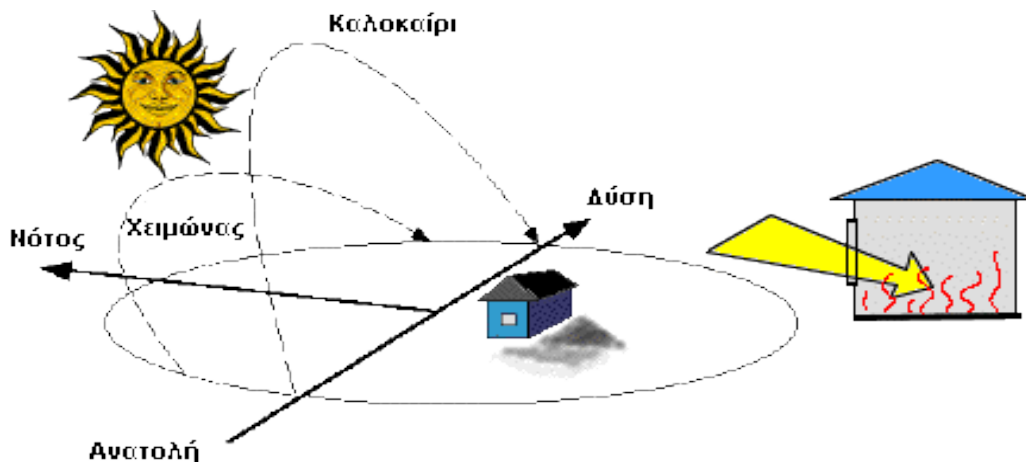
Στην Ελλάδα υπάρχουν πολλές εφαρμογές, που απαντώνται κυρίως σε απομακρυσμένες περιοχές όπου υπάρχει πρόβλημα ηλεκτροδότησης από το δίκτυο της ΔΕΗ, καθώς και σε επενδύσεις πουλώντας το ηλεκτρικό παραγόμενο ρεύμα στη ΔΕΗ.

Επίσης αξιόλογες είναι οι εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας στη θέρμανση και στο δροσισμό (ψύξη) κτιρίων, με την χρήση ενεργητικών και παθητικών συστημάτων.



1.3.1 Παθητικά Ηλιακά Συστήματα

Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης ονομάζονται τα δομικά στοιχεία του κτιρίου, που, αξιοποιώντας τις αρχές της φυσικής (τους νόμους μεταφοράς θερμότητας) συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ειδικότερα, στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού και τον εγκλωβισμό της προκύπτουσας θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου που καλύπτεται από το γυαλί.



Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αναφέρεται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας που διέρχεται από τον υαλοπίνακα σε θερμική ακτινοβολία και στη δέσμευσή της ως θερμότητα στον εσωτερικό χώρο.

Με την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας (άμεσης και διάχυτης) επάνω στον υαλοπίνακα λαμβάνουν χώρα τρεις διαφορετικοί μηχανισμοί μετάδοσής της:

- ένα ποσοστό ανακλάται προς το εξωτερικό περιβάλλον

- ένα ποσοστό, που είναι το τμήμα που αντιστοιχεί στο ορατό τμήμα του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας -φωτεινή ακτινοβολία- διαπερνά τον υαλοπίνακα, και
- ένα ποσοστό της ακτινοβολίας απορροφάται από τον υαλοπίνακα, από το οποίο ένα μέρος επανακτινοβολείται προς το εξωτερικό περιβάλλον, ένα μέρος προς τον εσωτερικό χώρο και ένα μέρος μετατρέπεται σε θερμική ακτινοβολία.

1.3.1.1 Υλικά παθητικών ηλιακών συστημάτων

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στα παθητικά ηλιακά συστήματα, διακρίνονται σε υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας και σε υλικά αποθήκευσης της θερμότητας.

- Υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας

Τα υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας είναι διαφανή υλικά (διαπερατά από την ηλιακή ακτινοβολία). Τα συνηθέστερα διαφανή υλικά που χρησιμοποιούνται σε κτιριακές κατασκευές είναι:

- Οι υαλοπίνακες

Οι υαλοπίνακες είναι άκαμπτοι, εμφανίζουν αντοχή στις καιρικές μεταβολές, στο φως και στις χημικές αντιδράσεις. Η επιλογή του κατάλληλου υαλοπίνακα εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής και ειδικότερα τις θερμικές και ψυκτικές απαιτήσεις του κάθε κτηρίου, καθώς και από τις απαιτήσεις του κτηρίου σε φυσικό φως.

- Τα σκληρά πλαστικά (ακρυλικά, πολυεστερικά και πολυκαρβονικά)

Τα σκληρά πλαστικά ανήκουν στα θερμοπλαστικά πολυμερή. Ανάλογα με την επεξεργασία και τη χημική σύσταση διακρίνονται σε ακρυλικά, σε πολυεστερικά, σε πολυκαρβονικά και σε προϊόντα πολυαιθυλενίου. Εμφανίζουν μεγάλη αντοχή σε μηχανική κρούση και έχουν μικρότερο βάρος από το κοινό γυαλί. Μειονέκτημά τους είναι ότι έχουν, συγκριτικά με το κοινό γυαλί, μικρότερο συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους και μικρότερη αντίσταση στη φωτιά.

- Η διαφανής θερμομόνωση

Η διαφανής μόνωση (TIM – Transparent Insulation Material) είναι ημιδιαφανές θερμομονωτικό υλικό, κυψελωτής δομής, κυρίως πολυκαρβονικής προέλευσης. Λόγω της δομής του επιτρέπει στην ηλιακή ακτινοβολία και το φυσικό φως να εισέλθει στο εσωτερικό του χώρου, παράλληλα όμως μειώνει τις θερμικές απώλειες.

- **Υλικά αποθήκευσης της θερμότητας**

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας είναι υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Συνήθως είναι οικοδομικά υλικά του φέροντα οργανισμού και του κελύφους γενικότερα ή των εσωτερικών διαχωριστικών τοιχοποιιών, καθώς και υλικά επενδύσεων τοιχοποιιών και δαπέδων.

Τα πιο ικανά υλικά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση της θερμότητας στα ηλιακά παθητικά συστήματα είναι:

- το σκυρόδεμα: εμφανίζει το πλεονέκτημα ότι είναι συγχρόνως υλικό με μεγάλη θερμοχωρητικότητα και στοιχείο του φέροντα οργανισμού.

- η πέτρα, οι ωμόπλινθοι, οι οπτόπλινθοι (συμπαγείς και διάτρητοι) και τα κεραμικά πλακίδια είναι τα υλικά που κυρίως χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας. Είναι υλικά φερόντων δομικών στοιχείων ή στοιχείων πληρώσεως ή υλικά επενδύσεως τοίχων και δαπέδων.

- το νερό είναι το υλικό με τη μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα, αλλά υπάρχουν κατασκευαστικές δυσκολίες για τη χρησιμοποίησή του σε δομικά στοιχεία. Μπορεί να τοποθετηθεί σε δεξαμενές νερού που ενσωματώνονται στα δομικά στοιχεία (π.χ. σε τμήμα της εξωτερικής τοιχοποιίας), ή σε μεμονωμένα στοιχεία-δοχεία.

- τα υλικά αλλαγής φάσης (π.χ. τα εύτηκτα άλατα, όπως το άλας του

- Glauber), είναι σχετικά νέα υλικά που χρησιμοποιούνται σε επιλεγμένες θέσεις μέσα σε ειδικές δεξαμενές για την αποθήκευση της θερμότητας. Τα υλικά αυτά αλλάζουν φάση (Phase Change Materials - PCM), δηλαδή αλλάζοντας φυσική κατάσταση (για

παράδειγμα, από τη στερεά στην υγρή κατάσταση), αποθηκεύουν θερμότητα, την οποία αποδίδουν για να επιστρέψουν στην αρχική φυσική τους κατάσταση.

Σημειώνεται ότι τα θερμομονωτικά υλικά διαθέτουν ελάχιστη θερμοχωρητικότητα και η τοποθέτησή τους στην εσωτερική παρειά των δομικών στοιχείων σχεδόν μηδενίζει τη συνεισφορά της θερμικής μάζας του δομικού στοιχείου.

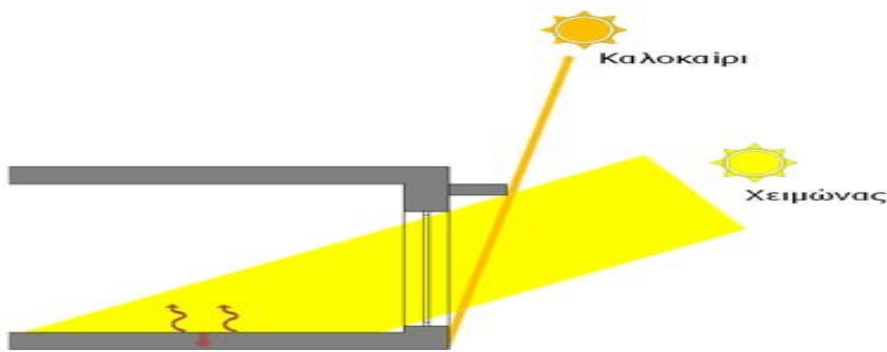
1.3.1.2 Κατηγορίες παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης πρέπει να έχουν νότιο προσανατολισμό, με απόκλιση έως 30° προς την ανατολή ή τη δύση και ο χειμερινός ηλιασμός τους να είναι ανεμπόδιστος από πλευρικά εμπόδια και σταθερά εξωτερικά σκίαστρα.

Τα συνηθέστερα παθητικά συστήματα είναι:

- Σύστημα άμεσου κέρδους - νότιο υαλοστάσιο

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας για τη θέρμανση των κτηρίων είναι η δέσμευσή της μέσα από τα γυάλινα ανοίγματα του κτηρίου. Στην περίπτωση αυτή το κτήριο λειτουργεί ως συλλέκτης, αποθήκη και διανομέας της θερμότητας. Όλα τα ανοίγματα του κτηρίου συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία (άμεση και διάχυτη) που στη συνέχεια μετατρέπεται σε θερμότητα και αποθηκεύεται ως θερμική ενέργεια στα δομικά στοιχεία του χώρου, ιδιαίτερα σε εκείνα που δέχονται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία.

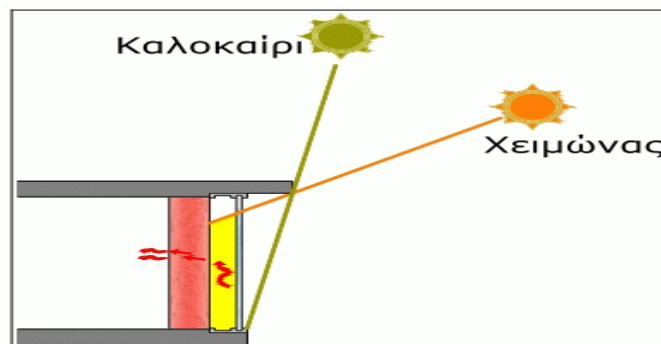


Αρχή λειτουργίας ηλιακού παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους

– Τοίχος θερμικής αποθήκευσης ή τοίχος μάζας ή ηλιακός τοίχος

Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης είναι η συνδυασμένη κατασκευή τοίχου και υαλοπίνακα (ή άλλου διαφανούς στοιχείου με υψηλό συντελεστή διαπερατότητας της ηλιακής ακτινοβολίας), η οποία αποτελεί τμήμα του κτιριακού περιβλήματος. Αναλόγως της κατασκευής του διακρίνεται σε:

- Ηλιακό τοίχο μη θερμοσιφωνικής ροής (τοίχος μάζας και ηλιακός τοίχος νερού)
- Ηλιακό τοίχο θερμοσιφωνικής ροής (τοίχος Trombe-Michelle)



Αρχή λειτουργίας τοίχου θερμικής αποθήκευσης

– Θερμοκήπιο ή ηλιακός χώρος

Ο ηλιακός χώρος ή θερμοκήπιο είναι ο συνδυασμός παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους και τοίχου θερμικής αποθήκευσης. Το κτήριο, δηλαδή, αποτελείται από δύο θερμικές ζώνες: τον ηλιακό χώρο που προσαρτάται στο κτήριο, όπου γίνεται συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας, και τον έμμεσα θερμαινόμενο από τον ηλιακό χώρο, κύριο κατοικήσιμο χώρο. Οι δύο ζώνες χωρίζονται μεταξύ τους με συμπαγή τοίχο με θερμική μάζα (με ή χωρίς θερμομόνωση) και με ή χωρίς υαλοστάσια. Αντί για υαλοστάσια ο

ενδιάμεσος τοίχος μπορεί να διαθέτει θυρίδες για τη μεταφορά του θερμού αέρα από το θερμοκήπιο στον κύριο χώρο.



Χειμερινή και θερινή λειτουργία θερμοκηπίου, με ανοιγόμενα υαλοστάσια

– Θερμοσιφωνικό πάνελο ή αεροσυλλέκτης

Το θερμοσιφωνικό πάνελο είναι συλλέκτης της ηλιακής ακτινοβολίας, ο οποίος δεν διαθέτει θερμική μάζα και είναι προσαρτημένος στο κτιριακό κέλυφος ή τοποθετείται ανεξάρτητα από αυτό. Επειδή απομονώνεται θερμικά από το κτήριο, ανήκει στην κατηγορία των παθητικών ηλιακών συστημάτων του «απομονωμένου κέρδους».



α



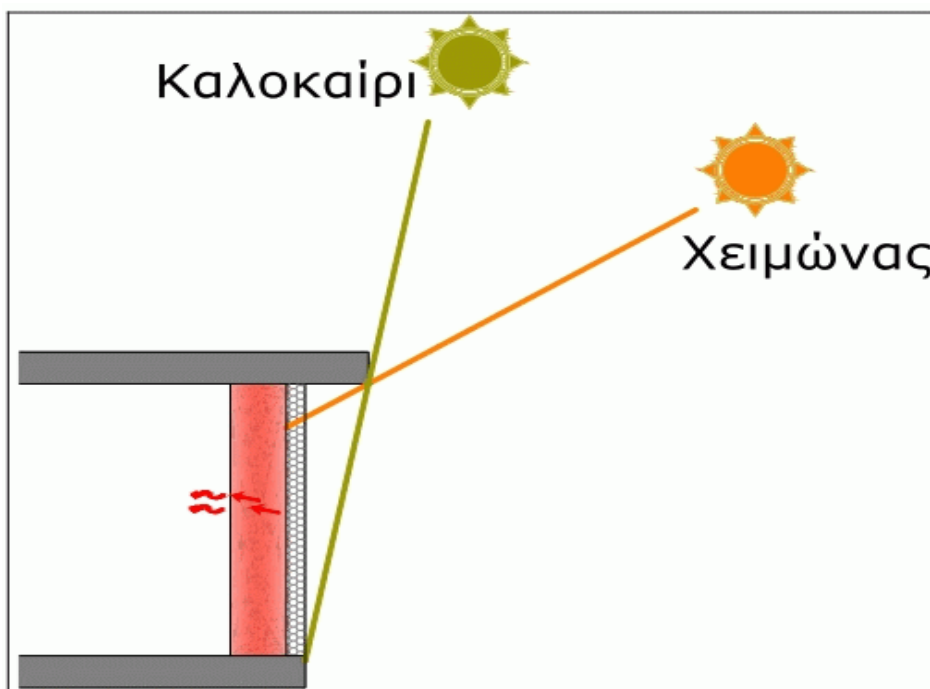
β

A

ρχή λειτουργίας θερμοσιφωνικού πανέλου

– Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση.

Πρόκειται για τοίχο νότιου προσανατολισμού με απόκλιση έως $\pm 30^\circ$, με υλικό μεγάλης θερμοχωρητικότητας (συνήθως τούβλο), εξωτερικά του οποίου τοποθετείται διαφανής μόνωση χωρίς επίχρισμα. Η εξωτερική παρειά του τοίχου βάφεται με σκούρο χρώμα. Ουσιαστικά πρόκειται για τοίχο μάζας, ο οποίος όμως θερμομονώνεται.



Αρχή λειτουργίας αδιαφανούς στοιχείου με διαφανή μόνωση

1.3.1.3 Επιλογή παθητικού συστήματος θέρμανσης

Η επιλογή του παθητικού ηλιακού συστήματος εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, τη λειτουργικότητα του κτηρίου και τα αναμενόμενα ενεργειακά αποτελέσματα, όπως θα προκύψουν μετά από τους σχετικούς υπολογισμούς, σε συνδυασμό με το κόστος και την απόσβεση της επί πλέον δαπάνης.

Συνήθης πρακτική είναι να συνυπάρχει το σύστημα του άμεσου κέρδους, το οποίο είναι απαραίτητο και για το φυσικό φωτισμό του χώρου, μαζί με κάποιο από τα άλλα παθητικά συστήματα.

1.3.2 Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα σε αντίθεση με τα παθητικά ηλιακά συστήματα που παρουσιάστηκαν παραπάνω, δε στηρίζονται στα φυσικά φαινόμενα μετάδοσης της θερμότητας αλλά σε συνδυασμό συστημάτων και μηχανημάτων. Ένα ενεργητικό ηλιακό σύστημα δεν αποτελεί μέρος του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού ενός

κτιρίου, όπως τα παθητικά ηλιακά που προτείνουν συγκεκριμένες κτιριακές αρχιτεκτονικές, και έτσι μπορεί να τοποθετηθεί και εκ των υστέρων, αφού δηλαδή έχει κατασκευαστεί το κτίριο. Ένα τέτοιο σύστημα θέρμανσης είναι περισσότερο αξιόπιστο.

Οι βασικές λειτουργίες ενός ενεργητικού ηλιακού συστήματος είναι οι ακόλουθες:

- Συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας και παγίδευση της θερμικής.
- Αποθήκευση της θερμικής ενέργειας.
- Χρησιμοποίηση της αποθηκευμένης ή και της απευθείας συλλεγόμενης θερμικής ενέργειας, όπου και όποτε ζητηθεί στο κτίριο.

1.3.2.1 Ηλιακοί Συλλέκτες

Οι ηλιακοί συλλέκτες είναι εκείνες οι συσκευές που συλλέγουν και παγιδεύουν την ηλιακή ενέργεια. Στα παθητικά ηλιακά χρησιμοποιούν γυαλί μπροστά από τον τοίχο. Το γυαλί έχει την ιδιότητα να αφήνει την ηλιακή ακτινοβολία να το διαπερνά, αλλά και την ιδιότητα να μην αφήνει την θερμική ακτινοβολία που εκπέμπουν οι σκούρες επιφάνειες που απορρόφησαν την ηλιακή, να το διαπεράσει και να βγει πάλι έξω. Ακριβ'ως το ίδιο γεγονός εκμεταλευόμαστε και στα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, κατασκευάζοντας τους ηλιακούς συλλέκτες με κατάλληλο τρόπο.

Υπάρχουν τρία είδη ηλιακών συλλεκτών:

- Επίπεδοι συλλέκτες.

Σε έναν επίπεδο ηλιακό συλλέκτη η ηλιακή ακτινοβολία διαπερνά την γυάλινη επιφάνεια και προσπίπτει στην σκούρα, τραχιά και απορροφητική επιφάνεια, όπου και απορροφάται. Όταν εκπέμπεται από αυτήν υπό μορφή θερμικής ακτινοβολίας τότε δεν μπορεί να διαπεράσει το γυαλί. Όπως γνωρίζουμε το νερό είναι το υλικό με την μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα. Αυτό το εκμεταλλευόμαστε με το να αποκτήσουμε κάτω από την απορροφητική επιφάνεια σωλήνες, μέσα στους οποίους κυλά νερό ή κάποιο άλλο ρευστό. Τέλος, το συστήμα μας θερμομονώνεται, ώστε να μην έχουμε απώλειες και χάσουμε ότι αποθηκεύσαμε.

- Συλλέκτες κενού.

Ένας συλλέκτης κενού αποτελείται από ειδικούς σωλήνες τοποθετημένους παράλληλα. Ο κάθε σωλήνας περιέχει μέσα του έναν άλλον, ενώ αναμεσά τους υπάρχει κενό. Ο εξωτερικός σωλήνας είναι γυάλινος ενός , ώστε να επιτρέπει την διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Ο εσωτερικός σωλήνας έχει μαύρη, τραχιά επιφάνεια και απορροφά την ακτινοβολία. Το κενό αναμεσά τους προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες όπως:

- Δεν υπάρχει μεταφορά θερμότητας μέσω ρευμάτων προς τα έξω, αφού δεν υπάρχει αέρας, ενώ λειτουργεί και εδώ το φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Η θερμότητα απάγεται και εδώ με νερό ή άλλο ρευστό που ρέει μέσα στον εσωτερικό σωλήνα.
- Γενικά πρόκειται για έναν τύπο συλλεκτών με μεγάλη απόδοση, όπου χρησιμοποιείται περισσότερο στην Βόρεια Ευρώπη, που οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι χαμηλές.
- Μπορεί να επιτύχει θερμοκρασίες άνω των 100 °C.

- Συγκεντρωτικοί συλλέκτες.

Οι συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες, συγκεντρώνουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ένα μικρό μέρος, το οποίο θερμαίνουν σε πολύ μεγάλο βαθμό. Οι συλλέκτες αυτοί είτε έχουν σχήμα ομπρέλας και επικεντρώνουν τις ακτίνες τους στον άξονα της ομπρέλας, όπου και περνά ρευστό, είτε σχήμα κεραμιδιού, όπου οι ακτίνες επικεντρώνονται σε σωλήνα παράλληλο με αυτό. Οι συλλέκτες αυτοί έχουν πολύ μεγάλο βαθμό απόδοσης όταν έχουμε άμεση ακτινοβολία. Για να το πετύχουμε αυτό θα πρέπει να υπάρχει σύστημα με σερβομηχανισμό που θα στρέφει τον συλλέκτη προς τον ήλιο συνεχώς σαν ηλιοτρόπιο. Κινούμενα μέρη όμως, όπως σε κάθε σύστημα, σημαίνει συντήρηση. Ζυτό καθιστά τα συστήματα αυτά ακατάλληλα για οικιακή χρήση.

1.3.2.2 Ηλιακοί Θερμοσίφωνες

Πρόκειται για τα πιο διαδεδομένα ενεργητικά ηλιακά συστήματα. Η Ελλάδα έχει αναπτύξει μια σοβαρή βιομηχανία παραγωγής ηλιακών θερμοσίφωνων και

μάλιστα είναι από τις πρώτες χώρες παγκοσμίως. Στα συστήματα αυτά ο ηλιακός συλλέκτης θερμαίνει είτε άμεσα είτε έμμεσα το νερό χρήσης.

Υπάρχουν δύο τυποί ηλιακών θερμοσίφωνων:

- Ανοικτού κυκλώματος.

Στον τύπο ανοικτού κυκλώματος, το ίδιο το νερό χρήσεως κυκλοφορεί και στον συλλέκτη και στην δεξαμενή. Πλεονέκτημα είναι η απλή κατασκευή της δεξαμενής. Το μεγάλο μειονέκτημα όμως του τύπου αυτού, είναι ο κίνδυνος παγώματος και καταστροφής του συλλέκτη. Για την αποφυγή του πρέπει να αδειάζετε κατά την διάρκεια του χειμώνα.

- Κλειστού κυκλώματος

Στον τύπο κλειστού κυκλώματος, που είναι και πιο διαδεδομένος, υπάρχει χωριστό κύκλωμα με νερό και αντιψυκτικό, που κυκλοφορεί στον συλλέκτη και σε ξεχωριστό χώρο της δεξαμενής. Το νερό του κυκλώματος αυτού θερμαίνει με αγωγιμότητα το νερό χρήσεως που βρίσκεται στην δεξαμενή χωρίς να έρθει σε επαφή.

Ως προς το μέγεθος της εγκατάστασης, διακρίνουμε τα απλά ηλιακά συστήματα που αποτελούνται από μια δεξαμενή αποθήκευσης και έναν ή δυο συλλέκτες και τα συστήματα μεγάλης κλίμακας, που χαρακτηρίζονται από τους πολλούς ηλιακούς συλλέκτες και ποικιλία βοηθητικών διατάξεων.

Τα απλά συστήματα που είναι τα πιο διαδεδομένα στην Ελλάδα, καλύπτουν τις ανάγκες σε ζεστό νερό μιας κατοικίας, ενώ τα μεγάλης κλίμακας χρησιμοποιούνται για τις ανάγκες ξενοδοχείων, βιομηχανιών κτλ.

Απόδοση Ηλιακού Θερμοσίφωνα

Για την βέλτιστη απόδοση του ηλιακού θερμοσίφωνα πρέπει να εκπληρώνονται οι εξής στόχοι:

- Να συλλέγεται όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας στη χρονική περίοδο που μας ενδιαφέρει.
- Να μετατρέπεται όσο γίνεται περισσότερη ηλιακή ενέργεια σε θερμότητα στο νερό του συλλέκτη.
- Να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες θερμότητας στον συλλέκτη, στη δεξαμενή και στις σωληνώσεις.

- Να μεταφερθεί κατά τον καλύτερο τρόπο η θερμότητα στην θέση χρησιμοποιήσής της.

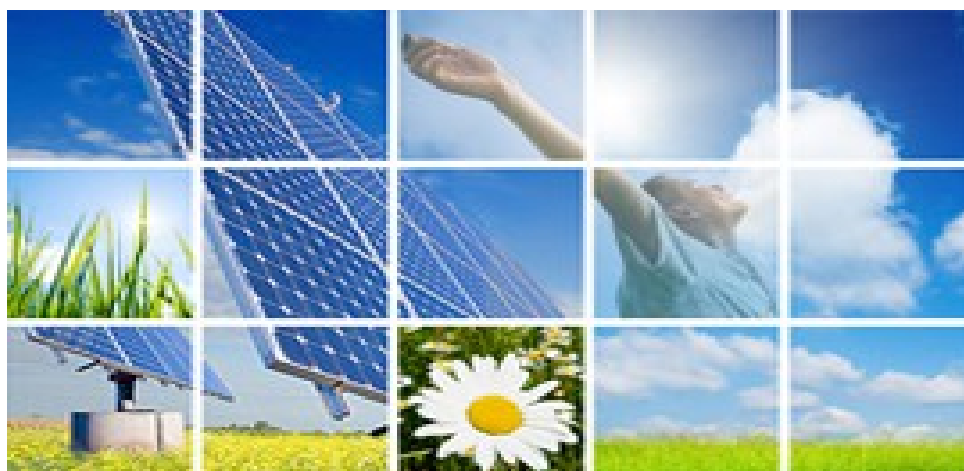
1.3.3 Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Με τον όρο φωτοβολταϊκά συστήματα, εννοούμε τις βιομηχανικές διατάξεις οι οποίες μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια. Για την ακρίβεια, πρόκειται για γεννήτριες που αποτελούνται από τα φωτοβολταϊκά πάνελ, τα συστήματα στήριξης, τους συσσωρευτές, τους αντιστροφείς τάσης, τους μετρητές ενέργειας και τους ρυθμιστές φόρτισης.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα ανήκουν στην κατηγορία των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Στην καθημερινότητά μας χρησιμοποιούμε διαρκώς όλο και περισσότερο τα φωτοβολταϊκά συστήματα, αφού μας συμφέρουν και έχουν πολλά πλεονεκτήματα.

Το βασικότερο από τα πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι ότι λειτουργούν με τον ήλιο ο οποίος είναι μια αστείρευτη πηγή ενέργειας. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα δε ρυπαίνουν το περιβάλλον, αντέχουν στο χρόνο, δε θέλουν ιδιαίτερη συντήρηση και δεν έχουν μεγάλο κόστος ενώ με επιδοτούμενα προγράμματα όπως τα φωτοβολταϊκά σε στέγες η χρηματοδότηση φτάνει έως και 100%.

Έτσι τοποθετώντας φωτοβολταϊκά στη στέγη μας, όχι μόνο μπορούμε να κάνουμε οικονομία αλλά να έχουμε και μεγάλο οικονομικό όφελος. Με την επένδυση σε αυτά τα προγράμματα μπορούμε να κερδίζουμε για 25 χρόνια ένα σταθερό ετήσιο εισόδημα, ενώ ταυτόχρονα προστατεύουμε και το περιβάλλον.



Τα επιδοτούμενα προγράμματα φωτοβολταϊκών συστημάτων σε στέγες αφορούν ιδιοκτήτες κατοικιών και διαμερισμάτων ή επιχειρήσεις. Φωτοβολταϊκά συστήματα σε στέγες μπορεί να τα εγκαταστήσει όποιος και αν διαθέτει ιδιόκτητο κτίριο, ενώ αν πρόκειται για συνιδιοκτησία ή πολυκατοικία, τότε χρειάζεται να συμφωνήσουν όλοι οι ιδιοκτήτες και να κάνουν κάποιες εξουσιοδοτήσεις.

Εφόσον λοιπόν, είναι τόσο εύκολη η διαδικασία για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε στέγες, και αφού έχει όλα αυτά τα πλεονεκτήματα, είναι μια συμφέρουσα λύση για όσους θέλουν να κάνουν μια κερδοφόρα επένδυση και παράλληλα να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής τους.

Με τα φωτοβολταϊκά σε στέγες η Ευρωπαϊκή Ένωση θέλησε να ωθήσει τους πολίτες της να αξιοποιήσουν την ηλιακή ενέργεια. Έτσι ξεκίνησε το Πρόγραμμα «Φωτοβολταϊκά σε Στέγες» με πολύ ευνοϊκές ρυθμίσεις και πολλά κίνητρα.

Το Πρόγραμμα αφορά στέγες και δώματα στα οποία μπορούν να τοποθετηθούν φωτοβολταϊκά συνολικής ισχύος 10 kWp (κιλοβάτ). Σε αυτό μπορούν να μετέχουν όλοι οι πολίτες και, προκειμένου για την Ελλάδα, να πωλούν το ρεύμα που παράγουν στη ΔΕΗ. Το κέρδος για τον κάτοχο φωτοβολταϊκών είναι διπλό: Εισπράττει χρήματα από τη ΔΕΗ για το ρεύμα που παράγει ενώ δεν χρειάζεται να πληρώνει για το ρεύμα που καταναλώνει.

Η τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών είναι μια επένδυση για το μέλλον αφού εξασφαλίζει κέρδη για τον κάτοχο του φωτοβολταϊκού συστήματος για 25 χρόνια. Ειδικά σε κάποιες περιοχές της Ελλάδας που επικρατεί ηλιοφάνεια τους περισσότερους μήνες του χρόνου, η απόδοση είναι εγγυημένη. Τα κέρδη εξαρτώνται από το μέγεθος της εγκατάστασης και όσο μεγαλύτερη είναι αυτή(μέχρι 10 kW[κιλοβάτ]), τόσο πιο πολλά τα κέρδη.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως στόχο της για το 2020 το 20% της κατανάλωσης ενέργειας να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές. Ως προς την ηλιοθερμική ενέργεια η Ελλάδα ήταν πρωτοπόρος χώρα στην Ευρώπη τις τελευταίες δεκαετίες με περίπου ένα εκατομμύριο εγκατεστημένους ηλιακούς θερμοσίφωνες, που συμβάλουν σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην προστασία του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας το ανεξάντλητο ηλιακό δυναμικό. Τώρα μένει να γίνει το ίδιο και ως προς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι προϋποθέσεις για τα Φωτοβολταϊκά Συστήματα είναι ακόμα καλύτερες, αφού τα Φ/Β συστήματα παρουσιάζουν την μέγιστη παραγωγή ακριβώς εκείνες τις ώρες της ημέρας που και η κατανάλωση (ζήτηση) φτάνει στο μέγιστο και η ΔΕΗ ζητά από όλους τους καταναλωτές να περιορίσουν την ζήτηση ή αναγκάζεται να κάνει περικοπές.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα επιδοτούνται από το Ελληνικό κράτος μέσω επενδυτικού νόμου και μέσω αναπτυξιακού νόμου για επενδυτές μεσαίας και μεγάλης

κλίμακας (επιδότηση αγοράς εξοπλισμού έως και 40% ανάλογα με την περιοχή της εγκατάστασης και τα επιχειρηματικά κριτήρια που ικανοποιούνται).

Στη συνέχεια, βάση νόμου για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ο επενδυτής συνάπτει δεκαετές συμβόλαιο – με δυνατότητα ανανέωσης της σύμβασης από την πλευρά του επενδυτή για ακόμη δέκα χρόνια – για την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει στον ΔΕΣΜΗΕ (Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας) για τις διασυνδεδεμένες περιοχές, ή απευθείας στη ΔΕΗ για τις μη-διασυνδεδεμένες περιοχές.

Τα κίνητρα αυτά έχουν ήδη δείξει τα πρώτα αποτελέσματα, και πλέον βλέπουμε τη δημιουργία φωτοβολταϊκών πάρκων σε πολλές περιοχές της χώρας, και την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε καινούργια ή και παλιότερα σπίτια.

Ένα από τα πιο βασικά μέρη για να λειτουργήσει ένα φωτοβολταϊκό σύστημα είναι τα φωτοβολταϊκά πάνελ ή αλλιώς ηλιακοί συλλέκτες. Τα πάνελ είναι ειδικά πλαίσια που τοποθετούνται σε στέγες ή στο έδαφος και με τη βοήθεια των κυψελών που διαθέτουν, γίνεται η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική.



Φωτοβολταϊκά Πάνελ

Ο τρόπος που συμβαίνει αυτό είναι ο εξής: Οι ακτίνες του ήλιου περιέχουν φωτόνια με ενέργεια που όταν φτάσουν πάνω σε ένα πάνελ, κάποια το προσπερνούν, άλλα ανακλώνται και τα υπόλοιπα απορροφούνται. Αυτά που απορροφούνται παράγουν ηλεκτρική ενέργεια, μετακινώντας τα ηλεκτρόνια που υπάρχουν, σε άλλη θέση.

Ακόμα και τα πάνελ όμως, δεν είναι ίδια μεταξύ τους. Διαφέρουν στον τρόπο κατασκευής, στο κόστος και στην απόδοσή τους, ενώ η κύρια ομοιότητά τους είναι ότι όλα κατασκευάζονται με την χρήση πυριτίου, του άμορφου πυριτίου και πολυκρυσταλλικού πυριτίου.

Εξίσου απαραίτητα με τα φωτοβολταϊκά πάνελ όμως είναι και τα υπόλοιπα μέρη στα φωτοβολταϊκά συστήματα. Για παράδειγμα, τα συστήματα στήριξης που βοηθούν στη σωστή εγκατάσταση των πάνελ, ο αντιστροφείας τάσης που μετατρέπει

το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο, κι ο μετρητής ενέργειας ο οποίος χρησιμεύει στην μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται.

Επίσης, βασικοί είναι και οι συσσωρευτές, δηλαδή οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται στα αυτόνομα δίκτυα και ο ρυθμιστής φόρτισης που ελέγχει την φόρτιση της μπαταρίας.

1.3.3.1 Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο

Το Φωτοβολταϊκό φαινόμενο περιγράφεται ως η πόλωση των ηλεκτρικών φορτίων που συμβαίνει σε συγκεκριμένα υλικά όταν αυτά εκτεθούν σε φωτεινή ακτινοβολία. Κάτι τέτοιο παρατηρείται στα φυσικά στοιχεία που ανήκουν στην ομάδα των ημιαγωγών καθώς και στις τεχνητές ημιαγωγικές διατάξεις. Η πόλωση των ηλεκτρικών φορτίων μεταφράζεται ως δημιουργία διαφοράς δυναμικού μεταξύ των δημιουργούμενων πόλων, δηλαδή έχουμε μια υποτυπώδη ηλεκτρική γεννήτρια.

Θα μπορούσαμε να παρομοιάσουμε την φωτοβολταϊκή ηλεκτρική γεννήτρια σαν μια ανεπίστροφη βαλβίδα ηλεκτρονίων, δια της οποίας τα ηλεκτρόνια μπορούν να διέρχονται μόνο προς την μια κατεύθυνση. Όταν λοιπόν συμβεί κάποιο φωτόνιο να προσκρούσει πάνω σε ηλεκτρόνιο του υλικού, τότε θα του μεταδώσει μέρος της ενέργειάς του, αναγκάζοντάς το να «εκσφενδονιστεί» από την θέση ηρεμίας του. Εάν τώρα, η κατεύθυνση που θα λάβει το «εκσφενδονισμένο» ηλεκτρόνιο συμπέσει με την φορά της βαλβίδας ηλεκτρονίων τότε αυτό θα μετατοπισθεί σε σχέση με την αρχική του θέση και θα παγιδευτεί εκεί αφού η βαλβίδα αποτρέπει την επαναφορά του στην αρχική θέση. Κατόπιν τούτου, διαπιστώνουμε ότι, σε μία «πλευρά» του υλικού (πλευρά παγίδευσης) θα έχουμε περίσσεια ενός ηλεκτρονίου ενώ στην άλλη πλευρά (πλευρά εκσφενδονισμού) θα έχουμε έλλειμμα ενός ηλεκτρονίου, που συνεπάγεται διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού.

Η ένταση του Φαινομένου (δεδομένου ότι εξετάζουμε υλικό το οποίο διαθέτει την ιδιότητα της ανεπίστροφης βαλβίδας), εξαρτάται από τρεις βασικούς παράγοντες:

- την διαθεσιμότητα ηλεκτρονίων που «μπορούν να εκσφενδονιστούν» (ηλεκτρικές ιδιότητες του υλικού)
- την πιθανότητα σύγκρουσης φωτονίου-ηλεκτρονίου (στατιστική πιθανότητα)
- την ικανότητα της σύγκρουσης να προσδώσει στο ηλεκτρόνιο κατάλληλη ταχύτητα και διεύθυνση ώστε να μεταπηδήσει στην πλευρά παγίδευσης (επίσης στατιστική πιθανότητα).

Από αυτές τις εξαρτήσεις, γίνεται αντιληπτό ότι ένα μικρό ποσοστό της φωτεινής ακτινοβολίας λαμβάνει μέρος επί του φωτοβολταϊκού φαινομένου.

1.3.3.2 Φωτοβολταϊκά Πάρκα

Τα φωτοβολταικά πάρκα είναι διασυνδεδεμένα συστήματα με τη ΔΕΗ που έχουν σχέση αμφίδρομη και έχουν τη δυνατότητα να τροφοδοτούν με ενέργεια το ένα στο άλλο.

Χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες με κριτήριο τα συστήματα στήριξης τα οποία είναι:

- η στήριξη με ένα σταθερό σύστημα στο έδαφος,
- με σταθερό σύστημα σε επίπεδη οροφή κτιρίου,
- με σταθερό σύστημα σε επικλινή στέγη,
- με σύστημα ηλιοστατών στο έδαφος.
-

Το ερώτημα είναι αν είναι καλύτερα τα σταθερά συστήματα ή τα κινητά. Και στους δύο τρόπους υπάρχουν κάποια πλεονεκτήματα, αλλά στον ένα τρόπο υπάρχουν και σημαντικά μειονεκτήματα.



Φωτοβολταικό Πάρκο

Τα πλεονεκτήματα του σταθερού συστήματος είναι ότι:

- έχει χαμηλό κόστος,
- είναι απλό στην κατασκευή του,
- είναι σύντομο στην εγκατάστασή του,
- έχει χαμηλό κόστος συντήρησης,
- είναι πολύ αξιόπιστο.

Από την άλλη μεριά έχουμε τα κινητά συστήματα τα οποία τα βάζουμε αρκετά συχνά στα φωτοβολταικα συστήματα για να ακολουθούν την τροχιά του ήλιου και χωρίζονται σε τρία είδη:

- την παρακολούθηση της τροχιάς στον κάθετο άξονα,
- της τροχιάς στον οριζόντιο άξονα,

- της τροχιάς των δύο άξόνων.

Σύμφωνα λοιπόν με το είδος που δίνει κίνηση στους άξονες, χρησιμοποιούμε και τα αντίστοιχα συστήματα κίνησης, το υδραυλικό και το ηλεκτρικό σύστημα.

Τα πλεονεκτήματα του κινητού συστήματος είναι ότι επειδή ακολουθούν την τροχιά του ήλιου παράγουν μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας και αποφέρουν πολλά περισσότερα κέρδη. Σε αυτήν την περίπτωση όμως έχουμε και κάποια μειονεκτήματα, η κατασκευή του είναι πολύ πιο πολύπλοκη και έχει μεγαλύτερο κόστος και αυτή και η συντήρησή του, είναι πιο ευαίσθητο σε κακά καιρικά φαινόμενα και καταναλώνει ένα ποσοστό ενέργειας για την κίνησή του.

Ωστόσο, επειδή στην Ελλάδα έχουμε πολύ ηλιοφάνεια, επιλέγουν πολλοί να επενδύσουν πάνω σε φωτοβολταϊκά πάρκα. Όταν όμως πάρουμε μια τέτοια απόφαση πρέπει πριν το προχωρήσουμε να δώσουμε προσοχή σε κάποια θέματα. Για παράδειγμα, πρέπει να γνωρίζουμε την καταλληλότητα του οικοπέδου και καλό θα ήταν να συμβουλευτούμε έναν περιβαλλοντολόγο.

Ένας επίσης βασικός παράγοντας είναι η βιωσιμότητα επένδυσης, η σύσταση κατάλληλης εταιρείας, οι αδειοδοτήσεις, οι όροι σύνδεσης με τη ΔΕΗ, οι γνωμοδοτήσεις από άλλες υπηρεσίες και περιφέρειες, η επιλογή συμβούλου για σύνταξη μελέτης και υποβολής στον αναπτυξιακό, η πολεοδομική άδεια ή άδεια κλίμακας μικρών εργασιών, η γνώση των απαραίτητων χρηματοδοτικών μοντέλων για την υλοποίηση του έργου, η σωστή επιλογή εξοπλισμού, προμηθευτή και τοποθετητή, και η ασφάλιση για αυτήν την επένδυση.

Αν όλα αυτά τα έχουμε μελετήσει και φροντίσει, δεν θα αντιμετωπίσουμε καμία δυσκολία και όλη η διαδικασία θα γίνει πολύ γρήγορα, ενώ στην πορεία θα έχουμε μια σιγουριά και φυσικά πολλά κέρδη

1.3.3.3 Ταξινόμηση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

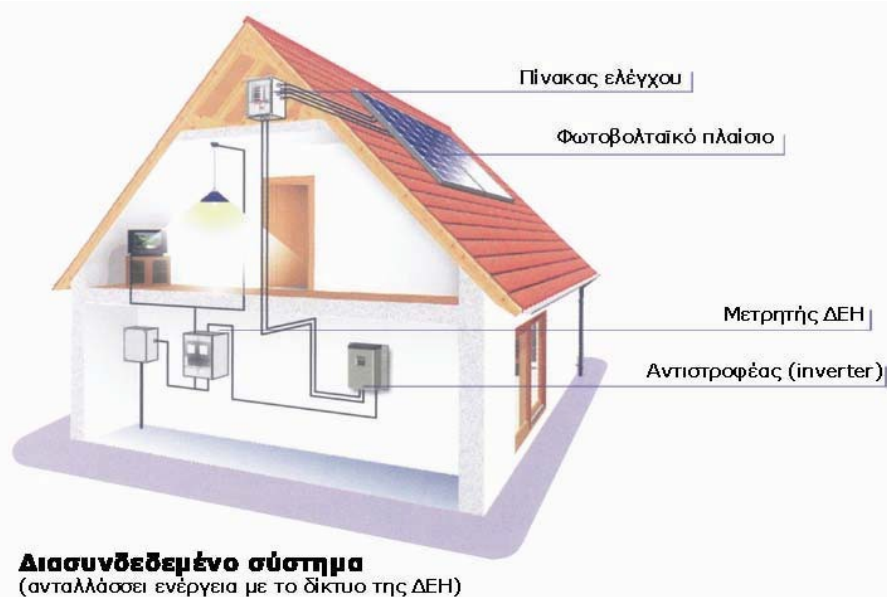
Τα φωτοβολταϊκά συστήματα βρίσκουν εφαρμογή σε μια μεγάλη γκάμα περιπτώσεων. Τα συστήματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα
- Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα
- Υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα

1.3.3.3.1 Διασυνδεδεμένα Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Όταν το σύστημα παραγωγής ηλεκτρισμού με φωτοβολταϊκά χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το δίκτυο της ΔΕΗ ονομάζεται διασυνδεδεμένο σύστημα. Στην περίπτωση αυτή, το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται πουλιέται στη ΔΕΗ έναντι μιας ορισμένης από το νόμο τιμής αλλά συνεχίζει να καταναλώνει - αγοράζει ρεύμα από τη ΔΕΗ. Έχει δηλαδή ένα διπλό μετρητή για την καταμέτρηση της εισερχόμενης και

εξερχόμενης ενέργειας. Ένα διασυνδεδεμένο σύστημα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Διασυνδεδεμένο Φωτοβολταϊκό Σύστημα

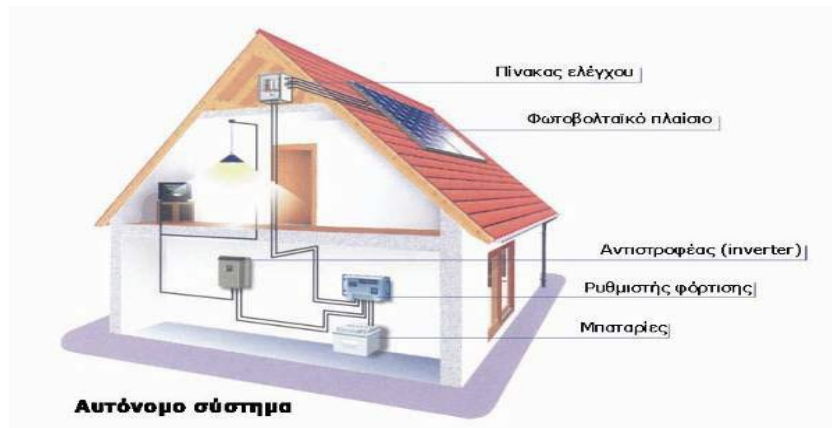
1.3.3.2 Αυτόνομα Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Εναλλακτικά, μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μπορεί να αποτελεί ένα αυτόνομο σύστημα που να καλύπτει το σύνολο των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου ή μιας επαγγελματικής χρήσης. Για τη συνεχή εξυπηρέτηση του καταναλωτή, η εγκατάσταση περιλαμβάνει και μια μονάδα αποθήκευσης (μπαταρίες) και διαχείρισης της ενέργειας.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα φωτοβολταϊκά χρησιμοποιούνται για παροχή εφεδρικής ηλεκτρικής ενέργειας (δηλαδή ως συστήματα αδιάλειπτης παροχής – UPS). Στην περίπτωση αυτή, το σύστημα είναι μεν διασυνδεδεμένο με τη ΔΕΗ, αλλά διαθέτει και μπαταρίες (συν όλα τα απαραίτητα ηλεκτρονικά) για να αναλαμβάνει την κάλυψη των αναγκών σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος και για όσο διαρκεί αυτή.

Κατά κανόνα τα φωτοβολταϊκά συστήματα που έχουν εγκατασταθεί μέχρι σήμερα στην Ελλάδα εξυπηρετούν απομονωμένες χρήσεις, σε σημεία όπου δεν υπάρχει δίκτυο της ΔΕΗ, επειδή στις περιπτώσεις αυτές η οικονομική βιωσιμότητα του συστήματος είναι πολύ πιο εμφανής. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, η εναλλακτική λύση μιας ηλεκτρογεννήτριας αποδεικνύεται μακροπρόθεσμα εξαιρετικά ακριβή.

Όταν όμως υπάρχουν ισχυρά κίνητρα για την παραγόμενη ηλιακή κιλοβατώρα (όπως ισχύει πλέον από τον Ιούνιο του 2006), τότε συμφέρει στον καταναλωτή να είναι συνδεδεμένος με το δίκτυο και να πουλά ηλιακό ηλεκτρισμό σ' αυτό έναντι μιας ορισμένης από το νόμο τιμής.



Αυτόνομο Φωτοβολταϊκό Σύστημα

1.3.3.3 Υβριδικά Συστήματα

Τα υβριδικά συστήματα είναι συνδυασμός ενός φωτοβολταϊκού συστήματος και άλλων συστημάτων παραγωγής ενέργειας (όπως ανεμογεννήτριες ή μικρά ηλεκτροπαραγωγικά ζεύγη) και αποτελούν λύση για επαρκούς κάλυψης φορτίου σε οποιοσδήποτε συνθήκες. Για παράδειγμα υπάρχουν περιοχές με καλό αιολικό δυναμικό και μάλιστα συνήθως όταν υπάρχει συννεφιά ο αέρας είναι ισχυρότερος.

Έτσι μπορεί μια ανεμογεννήτρια και μια φωτοβολταϊκή συστοιχία να αλληλοσυμπληρώνονται σε μια εγκατάσταση. Σε αυτήν την περίπτωση οι δύο πηγές ενέργειας τροφοδοτούν τις συστοιχίες των συσσωρευτών μέσω ρυθμιστών φόρτισης και από εκεί η ενέργεια διοχετεύεται στις καταναλώσεις της εγκατάστασης.

Σε αυτές τις περιπτώσεις οι ενεργειακές πηγές μπαίνουν παράλληλα στο τοπικό δίκτυο με σκοπό την αδιάκοπη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Η επιλογή ενός τέτοιου συστήματος προέρχεται από έναν συγκερασμό μετεωρολογικών και οικονομοτεχνικών δεδομένων.



Υβριδικό Σύστημα

1.3.3.4 Πλεονεκτήματα / Μειονεκτήματα Εγκατάστασης Φωτοβολταϊκού Συστήματος

Τα πλεονεκτήματα της εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών συστημάτων αναφέρονται παρακάτω:

- Εγγυημένη οικονομική επένδυση

Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων θεωρείται μια σίγουρη και αποδοτική επένδυση, καθώς η τιμή αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας από τον διαχειριστή του ηλεκτρικού δικτύου αφήνει εξαιρετικό κέρδος στον επενδυτή ακόμη και όταν έχει λάβει κάποιο δάνειο για να υλοποιήσει το επενδυτικό του εγχείρημα. Επιπρόσθετα, σε περίπτωση εγκατάστασης οικιακού φωτοβολταϊκού συστήματος, επιτυγχάνεται σημαντική αύξηση της αξίας του ακινήτου.

- Τεχνολογία φιλική προς το περιβάλλον και την υγεία.

Η λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι αθόρυβη και φιλική προς το περιβάλλον αφού δεν παράγει αέριους ρύπους. Η παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα επιδρά θετικά στο περιβάλλον και στην διατήρηση της θερμοκρασίας που είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο οδηγεί στην κλιματική αλλαγή που βιώνουμε καθημερινά. Επιπλέον, με την χρήση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας μειώνονται μια σειρά από επιβλαβείς για την υγεία των ανθρώπων ρύποι, όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου κ.α.

- Εξοικονόμηση φυσικών πόρων

Η τεχνολογική και βιομηχανική ανάπτυξη του 20ου αιώνα είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση των αποθεμάτων ορυκτού πλούτου, με κίνδυνο να αντιμετωπίσουμε σοβαρά προβλήματα ανεπάρκειας φυσικών πόρων. Ο ήλιος αποτελεί ανεξάντλητη ενεργειακή πηγή και είναι διαθέσιμος για εκμετάλλευση από τους πάντες σε οποιαδήποτε τοποθεσία.

- Εγγυημένη αποδοτικότητα

Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα είναι εγγυημένη και μπορεί να προβλεφθεί κατά προσέγγιση. Για την Ελλάδα μπορούμε να θεωρήσουμε πως ένα φωτοβολταϊκό σύστημα με την βέλτιστη κλίση και τον βέλτιστο προσανατολισμό παράγει ετησίως κατά μέσο όρο περίπου 1300 – 1450 KWh ανά εγκατεστημένο KWp. Στην Ελλάδα, οι υψηλότερες αποδόσεις παρατηρούνται όσο πιο νότια και ανατολικά βρίσκεται μια περιοχή.

- Ευελιξία

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα διαθέτουν ιδιαίτερη ευελιξία στις εφαρμογές. Μπορούν να λειτουργήσουν άριστα τόσο ως αυτόνομα συστήματα όσο και ως αυτόνομα υβριδικά συστήματα όταν συνδυάζονται με άλλες πηγές ενέργειας και συσσωρευτές για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας. Επιπλέον, ένα μεγάλο πλεονέκτημα κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος, αποτελεί το γεγονός ότι μπορεί να διασυνδεθεί με το δίκτυο ηλεκτροδότησης, καταργώντας την ανάγκη για εφεδρεία και δίνοντας επιπλέον τη δυνατότητα στον χρήστη να πωλήσει τυχόν πλεονάζουσα ενέργεια στον διαχειριστή του ηλεκτρικού δικτύου.

- Ελάχιστο κόστος συντήρησης

Ένα εγκατεστημένο φωτοβολταϊκό σύστημα απαιτεί ελάχιστη συντήρηση και εν γένει ενασχόληση μετά την αρχική εγκατάσταση. Η απαιτούμενη συντήρηση περιορίζεται στον καθαρισμό από σκόνη όταν υπάρχουν μεγάλα διαστήματα ανομβρίας και στη φροντίδα ώστε ο χώρος εγκατάστασης να παραμένει ασκίαστος.

- Δυνατότητα επέκτασης

Στην περίπτωση που απαιτηθεί, υπάρχει πάντοτε η δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης ισχύος του φωτοβολταϊκού συστήματος, ώστε να ανταποκρίνεται σε τυχόν μελλοντικές αυξανόμενες ανάγκες των χρηστών

Τα μειονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων αναφέρονται παρακάτω και είναι τα εξής:

- Το πιο σημαντικό είναι το υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης, κυρίως λόγω του υψηλού κόστους των υλικών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τους. Τα επόμενα χρόνια όμως αναμένεται να γίνουν ανταγωνιστικά, λόγω του ρυθμού μείωσης κόστους παραγωγής, και της αύξησης του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας. Το υψηλό κόστος όμως μπορεί να αποσβεστεί σε περίπου 5-6 χρόνια και το Φ/Β σύστημα θα συνεχίσει να παράγει δωρεάν ενέργεια για τουλάχιστον άλλα 25 χρόνια.
- Απαιτούν συνήθως μεγάλο χώρο για την εγκατάστασή τους προκειμένου να επιτευχθεί ικανοποιητικό επίπεδο παραγωγής ενέργειας.

- Η παραγωγή ενέργειας επηρεάζεται από πιθανές νεφώσεις και τη ρύπανση του αέρα.
- Σε περίπτωση απουσίας του ηλιακού φωτός, για παράδειγμα κατά τη διάρκεια της νύχτας, δεν υπάρχει παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Για το λόγο αυτό, τα περισσότερα σπίτια θα πρέπει να διατηρήσουν μια σύνδεση με το κλασικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, την γνωστή σε όλους μας ΔΕΗ.
- Τα Φ/Β πλαίσια παράγουν συνεχή τάση η οποία πρέπει να μετατραπεί σε εναλλασσόμενη (με τη χρήση αντιστροφέα). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια ενέργειας κατά 4-12%.
- Οι απόψεις για την αισθητική (οπτική) επίπτωση τους δίστανται, αν και σήμερα υπάρχει πληθώρα καινοτόμων υλικών που ικανοποιούν και τις πιο απαιτητικές αισθητικές παραμέτρους της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής.

Ωστόσο, τα πλεονεκτήματα είναι πολλά, και το ευρύ κοινό έχει αρχίσει να στρέφεται όλο και πιο πολύ στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στα φωτοβολταϊκά ειδικότερα, για την κάλυψη ή την συμπλήρωση των ενεργειακών του αναγκών.

Στην Ελλάδα, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στηρίζεται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό της στους μεγάλους θερμοηλεκτρικούς και υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Στη συνέχεια, ακολουθούν οι εγκαταστάσεις αιολικών πάρκων

Συνεπώς, γίνεται αντιληπτό ότι η ανάπτυξη των Φ/Β συστημάτων βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο στη χώρα, και υπάρχει περιθώριο για περαιτέρω αύξηση του δυναμικού της σε Φ/Β μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Το μέλλον της παραγωγής από Φ/Β στην ΕΕ φαίνεται ότι θα είναι τα αποκεντρωμένα και ολοκληρωμένα συστήματα στα κτίρια και σε εγκαταστάσεις πολλαπλής χρήσης ή θα αναπτυχθούν έτοιμα σετ Φ/Β. Τα Φ/Β είναι ελκυστικά στις αστικές περιοχές, όπου ο χώρος είναι περιορισμένος. Ακόμα και σήμερα, τα Φ/Β έχουν απαγορευτικό κόστος για τις εκτός δικτύου περιοχές.

Γενικά, εκτός και αν η τιμή τους ελαττωθεί γρήγορα, τα Φ/Β είναι απίθανο να έχουν μεγάλη συμμετοχή στο ενεργειακό ισοζύγιο, τουλάχιστον βραχυπρόθεσμα. Όμως, θα μπορούσαν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ηλεκτρισμού σε ειδικές τοπικές περιπτώσεις. Παρόλα αυτά, το θεωρητικό δυναμικό τους είναι εξαιρετικά ενδιαφέρον για την ασφάλεια της παροχής σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα, γεγονός το οποίο αντανάκλαται από το ενδιαφέρον που δείχνουν ενεργειακοί φορείς.

Κεφάλαιο 2: Εισαγωγή

Όπως αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο τα φωτοβολταϊκά συστήματα ανήκουν στη κατηγορία των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.). Εκμεταλλευόμενα το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, τα φωτοβολταϊκά συστήματα παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από την ηλιακή ενέργεια. Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένα φωτοβολταϊκό σύστημα και θα δώσουμε περισσότερη σημασία στον αντιστροφέα ή μετατροπέα (inverter) ο οποίος είναι ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που μετατρέπει τη συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη.

2.1 Μέρη Ενός Φωτοβολταϊκού Συστήματος

Τα κύρια μέρη από τα οποία αποτελείται ένα φωτοβολταϊκό σύστημα είναι τα παρακάτω:

- τα φωτοβολταϊκά πάνελ (δηλαδή ένα σύνολο Φ/Β πλαισίων) στα οποία παράγεται το ηλεκτρικό ρεύμα,
- οι συσσωρευτές, που χρησιμοποιούνται στα αυτόνομα συστήματα,
- ο inverter (αντιστροφέας ή μετατροπέας), ο οποίος μετατρέπει το συνεχές ρεύμα που παράγουν τα πάνελ σε εναλλασσόμενο.
- Συστήματα ρύθμισης ισχύος, που διαχειρίζονται την αποθηκευμένη ενέργεια στο συσσωρευτή και διοχετεύουν ενέργεια στο φορτίο.

Πρακτικά δεν είναι απαραίτητο να υπάρχουν όλες οι παραπάνω συσκευές σε όλα τα συστήματα. Για παράδειγμα, σε συστήματα συνεχούς ρεύματος δε χρειάζεται αντιστροφέας. Για συστήματα συνδεδεμένα με το δίκτυο δεν είναι απαραίτητος ο συσσωρευτής διότι το δίκτυο χρησιμεύει και για αποθήκευση.

Δηλαδή, όταν υπάρχει περίσσεια ενέργειας στο σύστημα φωτοβολταϊκών πλαισίων-φορτίου, τότε αυτή διοχετεύεται στο δίκτυο, ενώ σε περίπτωση έλλειψης ενέργειας, η επιπλέον ενέργεια που απαιτείται λαμβάνεται από το δίκτυο.

Κάποια συστήματα απαιτούν συσκευές που δε σχετίζονται άμεσα με τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Όπως, για παράδειγμα, μερικά απομονωμένα συστήματα που έχουν ντιζελογεννήτρια για την παροχή ρεύματος όταν εξαντληθεί η ενέργεια των συσσωρευτών.

2.1.1 Φωτοβολταϊκά Πάνελ

Το βασικό μέρος ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι φυσικά τα φωτοβολταϊκά. Αποτελούνται από ένα πλαίσιο (πάνελ) μέσα στο οποίο βρίσκονται τα φωτοβολταϊκα στοιχεία (ή κυψέλες). Το χαρακτηριστικό των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι ότι μετατρέπουν το φως του ήλιου σε ηλεκτρικό ρεύμα. Από την πίσω πλευρά του φωτοβολταϊκού πάνελ εξέρχονται δύο καλώδια (θετικό + και αρνητικό -) από όπου παίρνουμε το ηλεκτρικό ρεύμα.

Το υλικό που χρησιμοποιείται περισσότερο για την κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων στη βιομηχανία είναι το πυρίτιο. Είναι ίσως και το μοναδικό υλικό που παράγεται με τόσο μαζικό τρόπο. Το πυρίτιο αποτελεί την πρώτη ύλη για το 90% της αγοράς των φωτοβολταϊκών.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του πυριτίου αναφέρονται παρακάτω:

- Μπορεί να βρεθεί πάρα πολύ εύκολα στη φύση. Είναι το δεύτερο σε αφθονία υλικό που υπάρχει στον πλανήτη μετά το οξυγόνο.

- Μπορεί εύκολα να λιώσει και να μορφοποιηθεί.

- Οι ηλεκτρικές του ιδιότητες μπορούν να διατηρηθούν μέχρι και στους 125οC κάτι που επιτρέπει τη χρήση του πυριτίου σε ιδιαίτερα δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτός είναι και ο λόγος που τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου αντεπεξέρχονται σε ένα ιδιαίτερα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών.

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ συνήθως αποτελούνται από τα τρία μέρη που αναφέρονται παρακάτω:

- Ένα ηλιακό γυαλί με προ-τοποθετημένη την ειδικά επεξεργασμένη μεμβράνη προστασίας (EVA). Πρόκειται ουσιαστικά για ένα σκληρυσμένο, προεντεταμένο ηλιακό γυαλί.

- Ηλιακές φωτοβολταϊκές κυψέλες ενωμένες σε στοιχειοσειρές.

- Μία υαλώδη μεμβράνη ειδικής επεξεργασίας (EVA) καθώς και μια μονωτική μεμβράνη στην πίσω πλευρά. Και τα τρία παραπάνω στρώματα δημιουργούν ένα ανθεκτικό ελασματοποιημένο φύλλο, πολύ ανθεκτικό στις καιρικές συνθήκες, το οποίο τοποθετείται σε ένα σταθεροποιητικό πλαίσιο αλουμινίου και μια υποδοχή σύνδεσης

Τα φωτοβολταϊκα πάνελ μετατρέπουν μόνο ένα ποσοστό της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό. Το πόσο μεγάλο είναι αυτό το ποσοστό εξαρτάται από τον τύπο των φωτοβολταϊκών στοιχείων.

Τα συνήθη Φωτοβολταϊκά Πάνελ διακρίνονται στα παρακάτω:

- **Μονοκρυσταλλικά Πάνελ**

Κατασκευάζονται από κυψέλες που έχουν κοπεί από ένα μόνο μεγάλο κυλινδρικό κρύσταλλο πυριτίου. Η κατασκευή τους είναι πιο πολύπλοκη, με αποτέλεσμα το υψηλότερο κόστος παραγωγής

Τα χαρακτηριστικά των μονοκρυσταλλικών Φωτοβολταϊκών Πάνελ είναι τα εξής:

- Είναι ο πρώτος τύπος φωτοβολταϊκών πάνελ που μπήκε σε μαζική παραγωγή.
- Έχουν σχεδόν την ίδια σχέση απόδοσης/επιφάνειας με τα πολυκρυσταλλικά πάνελ.
- Η ενεργειακή απόδοσή τους κυμαίνεται από 11% - 19%.
- Έχουν υψηλότερο κόστος παραγωγής σε σχέση με τα πολυκρυσταλλικά πάνελ.
- Έχουν μεγαλύτερο πάχος υλικού.
- Έχουν σκούρο μπλέ ή μαύρο χρώμα.



Μονοκρυσταλλικό Πάνελ

- **Πολυκρυσταλλικά Πάνελ**

Κατασκευάζονται από κυψέλες που έχουν κοπεί σε λεπτά τμήματα, από ράβδους λιωμένου και επανακρυσταλλοποιημένου πυριτίου (το λειωμένο πυρίτιο χύνεται σε καλούπι και στη συνέχεια τεμαχίζεται σε κυψέλες)

Τα χαρακτηριστικά των πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών πάνελ είναι τα εξής:

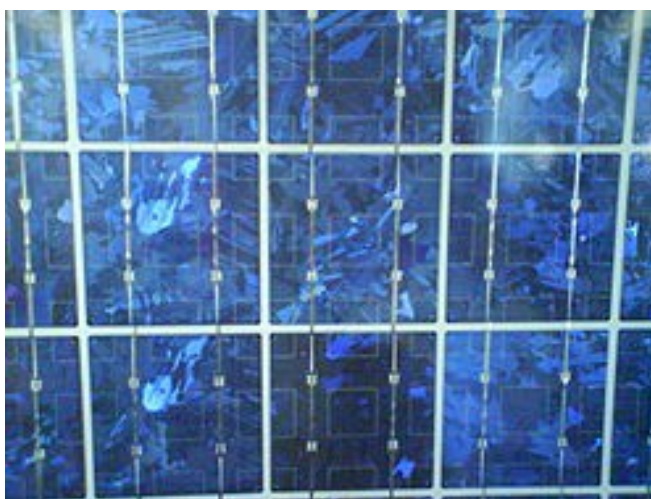
- Η μέθοδος παραγωγής τους είναι φθηνότερη από αυτήν των μονοκρυσταλλικών, για αυτό και η τιμή τους είναι συνήθως λίγο χαμηλότερη.
- Η ενεργειακή απόδοσή τους που κυμαίνεται από 11% - 16% είναι σχετικά μικρότερη από αυτή των μονοκρυσταλλικών, αλλά από τη στιγμή που οι κυψέλες τοποθετούνται μέσα σε ένα πάνελ με άλλες 60, η πραγματική διαφορά σε watt ανά τετραγωνικό μέτρο είναι αμελητέα. Σήμερα, με την ταχύτατη

ανάπτυξη της τεχνολογίας, η απόδοσή τους τείνει να αγγίζει την απόδοση των μονοκρυσταλλικών.

- Είναι τα πλέον διαδεδομένα πάνελ παγκοσμίως.
-Έχουν την καλύτερη σχέση κόστους-απόδοσης.

- Όσο μεγαλύτερες μονοκρυσταλλικές περιοχές υπάρχουν σε κάθε πάνελ τόσο μεγαλύτερη απόδοση έχει.

- Έχουν γαλάζιο χρώμα.



Πολυκρυσταλλικό Πάνελ

- **Πάνελ Λεπτού Υμενίου (thin film)**

Πρόκειται για μια ευρύτερη κατηγορία, που περιλαμβάνει τα λεγόμενα πάνελ «τρίτης γενιάς» που προέρχονται από πολλές διαφορετικές μεθόδους παραγωγής και επεξεργασίας (π.χ. άμορφου πυριτίου (a-Si), Δισεληνοϊνδιούχου χαλκού (CuInSe₂ ή CIS), Τελουριούχου Καδμίου (CdTe), Αρσενικούχου Γαλλίου (GaAs) κλπ).

Τα πάνελ άμορφου πυριτίου που είναι και τα πλέον διαδεδομένα αυτής της κατηγορίας, αποτελούνται από ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγού υλικού (πυρίτιο στην περίπτωση μας) πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους όπως από γυαλί ή αλουμίνιο. Ο χαρακτηρισμός άμορφο φωτοβολταϊκό προέρχεται από τον τυχαίο τρόπο με τον οποίο είναι διατεταγμένα τα άτομα του πυριτίου.

Τα χαρακτηριστικά του πάνελ λεπτού υμενίου είναι τα εξής:

- Έχουν, ονομαστικά, χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τις άλλες κατηγορίες (6% έως 11%).
- Λόγω της μικρότερης ποσότητας πυριτίου που χρησιμοποιείται κατά την παραγωγή τους, η τιμή τους είναι αισθητά χαμηλότερη.
- Αποδίδουν καλύτερα στις υψηλές θερμοκρασίες.
- Τα πάνελ λεπτού υμενίου έχουν καλύτερες αποδόσεις σε σχέση με τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά, όταν υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία (συννεφιά).
- Έχουν χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα κάτι που σημαίνει ότι για να παράγουμε την ίδια ενέργεια χρειαζόμαστε σχεδόν διπλάσια επιφάνεια σε σχέση με τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία.
- Δεν υπάρχουν στοιχεία από παλιές εγκαταστάσεις, σχετικά με τις αποδόσεις και τη διάρκειά τους, αφού η τεχνολογία τους είναι σχετικά καινούρια.

- Αποτελούν καλή λύση όταν υπάρχει μεγάλος διαθέσιμος χώρος, σκιάσεις, δυσμενής προσανατολισμός.



Πάνελ Λεπτού Υμενίου

- **Υβριδικά Πάνελ**

Είναι τα πάνελ που συνδυάζουν περισσότερες από μία από τις γνωστές τεχνολογίες (π.χ. συνδυασμός άμορφου και μονοκρυσταλλικού πυριτίου) Στην αγορά, τα πιο διαδομένα πάνελ αυτής της κατηγορίας είναι κατασκευασμένα από δύο στρώσεις άμορφου πυριτίου γύρω από μια στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου.

Τα χαρακτηριστικά των υβριδικών πάνελ είναι τα εξής:

- Έχουν μεγάλο βαθμό απόδοσης που μπορεί να φτάσει και το 19%.
- Έχουν πολύ καλή συμπεριφορά στην επίδραση της θερμοκρασίας και αξιόλογη απόδοση στον διάχυτο φωτισμό.
- Έχουν αρκετά μεγαλύτερο κόστος κατασκευής.

- Δεν υπάρχουν στοιχεία από παλιές εγκαταστάσεις, σχετικά με τις αποδόσεις και τη διάρκειά τους, αφού η τεχνολογία τους είναι σχετικά καινούργια.



Υβριδικά Πάνελ

Διαβάζοντας τα παραπάνω δεν προκύπτει ένα μοναδικό στοιχείο που να στρέφει την επιλογή μας σε κάποια συγκεκριμένη κατηγορία. Οι αποδόσεις είναι λίγο ως πολύ ίδιες και τα κόστη επίσης. Άρα, η επιλογή φωτοβολταϊκών πάνελ έχει να κάνει κατά κύριο λόγο με τις ιδιαιτερότητες της κάθε μιας εγκατάστασης ξεχωριστά και, όταν λέμε ιδιαιτερότητες, εννοούμε τον τόπο εγκατάστασης, το διαθέσιμο χώρο, τον προσανατολισμό και την κλίση της και ίσως και με την προσωπική χρωματική επιλογή (μαύρου ή μπλε χρώματος).

Στην απόφαση επιλογής φωτοβολταϊκού συστήματος θα βοηθήσει καθοριστικά η εγκαταστάτρια εταιρεία που επιλέξαμε, γιατί θα πρέπει να αναλύσει και να συμπεριλάβει στην μελέτη της, όλα τα χαρακτηριστικά και τις ιδιαιτερότητες της εγκατάστασης, έτσι ώστε να πετύχει το βέλτιστο αποτέλεσμα για την επένδυσή.

2.1.2 Συσσωρευτές

Οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές είναι ουσιαστικά μετατροπείς χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική και έχουν τη δυνατότητα να εκτελούν αυτή τη μετατροπή και προς την

αντίθετη κατεύθυνση παρέχοντας με άμεσο τρόπο τη δυνατότητα συσσώρευσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι συσσωρευτές αποτελούνται από πλάκες μολύβδου, οι οποίες έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν την ενέργεια και να μας την αποδίδουν όποτε τη ζητήσουμε. Ειδικά στα φωτοβολταϊκά συστήματα, η εκφόρτιση των συσσωρευτών είναι αρκετά συχνή και σε αρκετά μεγάλο βάθος.

Βαθιά εκφόρτιση συμβαίνει όταν χρησιμοποιούμε μέσα σε μερικές ώρες (π.χ. σε 24 ώρες), μεγάλο μέρος της χωρητικότητας του συσσωρευτή (από 30% μέχρι και το 80% της συνολικής του χωρητικότητας, με προτεινόμενο ποσοστό εκφόρτισης μπαταριών για φωτοβολταϊκα συστήματα το 50%).

Για να αντέξει για πολλούς τέτοιους κύκλους φόρτισης-εκφόρτισης, θα πρέπει οι πλάκες μολύβδου του συσσωρευτή να έχουν αρκετά μεγάλο πάχος. Αν είναι λεπτές όπως στις φθηνές μπαταρίες αυτοκινήτου σύντομα θα φθαρούν καταστρέφοντας το συσσωρευτή.

Η δυνατότητα να αποταμιεύουν ενέργεια ανά πάσα στιγμή ή όχι είναι αυτή που χωρίζει τους συσσωρευτές στις δύο κυριότερες κατηγορίες. Στην κατηγορία των πρωτεύοντων (primary) συσσωρευτών ανήκουν αυτοί που έχουν αποθηκευμένη χημική ενέργεια την οποία και μπορούν να την αποδώσουν ως ηλεκτρική, δεν μπορούν όμως να επαναφορτιστούν.

Οι τυπικές μπαταρίες λιθίου που χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρονικές συσκευές ευρείας κατανάλωσης ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία και επειδή δεν μπορούν να επαναφορτιστούν δεν είναι λειτουργικές στα φωτοβολταϊκά συστήματα.

Αυτές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τέτοια συστήματα ανήκουν στην κατηγορία των δευτερευόντων (secondary) συσσωρευτών. Η δυνατότητα τους να επαναφορτίζονται είναι αυτή που τους κάνει κατάλληλους για φωτοβολταϊκά συστήματα και ο πιο συνηθισμένος τύπος τους είναι οι μπαταρίες μολύβδου-οξειδίου.

2.1.2.1 Δομή Συσσωρευτών

Η δομή των συσσωρευτών αφορά τα μέρη που αναλύονται παρακάτω:

- **Κυψελίδα συσσωρευτή**

Δομική μονάδα του συσσωρευτή είναι η κυψελίδα (cell). Η κυψελίδα είναι η βασική ηλεκτροχημική μονάδα της μπαταρίας, συνίσταται από μία θετική και μία αρνητική πλάκα που είναι βυθισμένες σε ένα διάλυμα ηλεκτρολύτη και περικλείονται σε ένα δοχείο.

- **Ενεργό Υλικό (ActiveMaterial)**

Το ενεργό υλικό είναι ένας συνδυασμός υλικών τα οποία από τη θετική και την αρνητική πλάκα, είναι οι βασικοί συντελεστές της ηλεκτροχημικής αντίδρασης μέσα στην κυψελίδα.

Η ποσότητα του ενεργού υλικού σε μία μπαταρία είναι ανάλογη της χωρητικότητας της. Σε μία τυπική μπαταρία μολύβδου, το ενεργό υλικό είναι συνδυασμός διοξειδίου του μολύβδου (PbO_2) στη θετική πλάκα με μεταλλικό πορώδη μόλυβδο (Pb) στην αρνητική, που αντιδρούν σε διάλυμα θεικού οξέος (H_2SO_4) κατά τη λειτουργία της μπαταρίας.

- **Ηλεκτρολύτης**

Ο ηλεκτρολύτης είναι το αγώγιμο μέσο που επιτρέπει τη ροή ηλεκτρικού ρεύματος μέσω της ιοντικής ανταλλαγής ή της ανταλλαγής ηλεκτρονίων, επάνω στις πλάκες της κυψελίδας. Στις μπαταρίες μολύβδου είναι διάλυμα θεικού οξέος (H_2SO_4) σε υγρή μορφή ή σε μορφή gel, ενώ στις μπαταρίες νικελίου (Ni) είναι διάλυμα υδροξειδίου του καλίου (KOH).

Στις περιπτώσεις, που ο ηλεκτρολύτης είναι υγρό διάλυμα, συχνά, απαιτείται η αναπλήρωση νερού λόγω του φαινομένου της εξαέρωσης.

- **Πλέγμα (Grid)**

Σε μία μπαταρία μολύβδου, το πλέγμα συνήθως είναι ένα πλαίσιο από κράμα μολύβδου το οποίο υποστηρίζει το ενεργό υλικό επάνω στις πλάκες και είναι αγωγός ηλεκτρικού ρεύματος. Υλικά κράματος όπως το αντιμόνιο (Sb) ή το ασβέστιο (Ca) συχνά χρησιμοποιούνται για να αυξήσουν τη μηχανική αντοχή των πλακών και έχουν χαρακτηριστική επίδραση στις επιδόσεις της μπαταρίας.

Οι συσσωρευτές έχουν μικρή πρόσμιξη αντιμονίου ($Sb < 3\%$) στα θετικά ηλεκτρόδια, με αποτέλεσμα να μπορούν να λειτουργούν διατηρούμενοι σε άριστη κατάσταση συνεχώς για 3 χρόνια σε παράλληλη, standby λειτουργία όταν τις διαπερνάει ρεύμα 2,23 V/cell και βρίσκονται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 20 °C.

- **Πλάκες (Plates)**

Οι πλάκες, που συνίστανται από το πλέγμα και από το ενεργό υλικό, είναι το βασικό στοιχείο της μπαταρίας και συνήθως αναφέρονται ως ηλεκτρόδια. Γενικά, υπάρχει ένα πλήθος

αρνητικών και θετικών πλακών, συνδεδεμένων παράλληλα, μέσα σε μία κυψελίδα.

Το πάχος τους και η σχέσεις των επιφανειών μεταξύ των αρνητικών και των θετικών πλακών, έχουν καθοριστική επίδραση στα χαρακτηριστικά της μπαταρίας.

- **Διαχωριστής (Separator)**

Ο διαχωριστής είναι ένα πορώδες απομονωτικό μέσο μεταξύ των πλακών της μπαταρίας που εμποδίζει την αγωγή επαφή μεταξύ θετικού και αρνητικού ηλεκτροδίου. Σε πολλές περιπτώσεις ο διαχωριστής εφαρμόζεται σαν φάκελος και περικλείει ολόκληρο το ηλεκτρόδιο, εμποδίζοντας τη δημιουργία βραχυκυκλώματος, λόγω των διαχεόμενων υλικών στο κάτω μέρος των πλακών.

- **Πόλοι ή Τερματικοί Πόλοι (Terminal Poles)**

Οι πόλοι είναι οι εξωτερικές θετικές ή αρνητικές, ηλεκτρικές συνδέσεις της μπαταρίας. Ένα φορτίο ή ένα φωτοβολταϊκό σύστημα συνδέεται με τη μπαταρία μέσω των πόλων. Ο τύπος των δευτερευόντων συσσωρευτών μπορεί να αναφέρεται ως Μολύβδου-Οξειδίου (lead-acid ή απλά Pb), Νικελίου-Καδμίου (Ni-Cd), Αργύρου-Ψευδαργύρου κτλ, ανάλογα με το υλικό κατασκευής των ηλεκτροδίων τους.

Ειδικότερα, όσο αφορά τους συσσωρευτές μολύβδου, το κράμα του πλέγματος των ηλεκτροδίων τους, τους κατατάσσει σε υποκατηγορίες (Μολύβδου-Ασβεστίου Pb-Ca, Μολύβδου-Αντιμονίου Pb-Sb) και το κράμα αυτό μαζί με τον τρόπο κατασκευής του συσσωρευτή, καθορίζει τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του και τις χρήσεις για τις οποίες αυτός προορίζεται.

Οι συσσωρευτές είναι αναπόσπαστο μέρος των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Για να βελτιστοποιηθεί η συνεργασία τους με τις φωτοβολταϊκές γεννήτριες και για να γίνει ο σχεδιασμός των συσκευών που θα επιληφθούν αυτής της συνεργασίας, όπως ο ρυθμιστής φόρτισης συσσωρευτών, υπάρχει η ανάγκη ανάπτυξης ενός ισοδύναμου ηλεκτρικού μοντέλου, που θα συμπεριληφθεί στο συνολικό μοντέλο του συστήματος.

2.1.2.2 Τύποι Συσσωρευτών

Οι γνωστοί και ευρέως χρησιμοποιούμενοι τύποι συσσωρευτών μολύβδου είναι οι παρακάτω:

- Συσσωρευτές μολύβδου - αντιμονίου (Pb-Sb),
- Συσσωρευτές μολύβδου - ασβεστίου (Pb-Ca) οι οποίοι χωρίζονται σε συσσωρευτές:
 - υγρού καταλύτη με ανοικτή βαλβίδα εξαέρωσης,
 - υγρού καταλύτη με σφραγισμένη βαλβίδα εξαέρωσης.
- Υβριδικοί συσσωρευτές μολύβδου - αντιμονίου
- Υβριδικοί συσσωρευτές μολύβδου - ασβεστίου,
- Συσσωρευτές μολύβδου με δεσμευμένο καταλύτη που μπορεί να είναι gelled ή Absorbed Glass Material (AGM).

Οι συσσωρευτές μολύβδου-θεικού οξέος είναι ίσως ο δημοφιλέστερος και ο οποίος χρησιμοποιήθηκε αρχικά σε υποβρύχια. Έχουν υψηλή μηχανική αντοχή, αυξημένη δυνατότητα για βαθιές εκφορτίσεις, με δυνατότητα μεγάλων ρευμάτων σε αντίθεση με τους κοινούς συσσωρευτές μολύβδου.

Στις περισσότερες εφαρμογές φωτοβολταϊκών και γενικά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, χρησιμοποιούνται οι συσσωρευτές μολύβδου - αντιμονίου (Pb-Sb) και οι συσσωρευτές μολύβδου – ασβεστίου (Pb-Ca) βυθισμένες σε διάλυμα θεικού οξέος, λόγω του ότι είναι πιο φθηνά στην αρχική τους αγορά.

Για εφαρμογές φωτοβολταϊκών συστημάτων, όπου οι ανάγκες κατανάλωσης πολύ σπάνια συμβαδίζουν με τις ώρες παραγωγής και την παραγόμενη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας, περισσότερο κατάλληλοι είναι οι συσσωρευτές που έχουν την δυνατότητα να υποστούν βαθιά εκφόρτιση χωρίς να αλλοιώνεται η χωρητικότητά τους και να μειώνεται η διάρκεια ζωής.

Αναλόγως του φορτίου, άλλοτε είναι απαραίτητη η δυνατότητα παροχής εντόνου ρεύματος για μικρά χρονικά διαστήματα και άλλοτε η παροχή μίας κανονικής τιμής ρεύματος για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Συχνά οι απαιτήσεις του φορτίου σε κατανάλωση δεν είναι τόσο μεγάλες όσο η ανάγκη η κατανάλωση να παρέχεται με αξιοπιστία και για μεγάλες χρονικές

περιόδους και άλλες φορές ο τύπος της εγκατάστασης είναι τόσο δυσπρόσιτος που προτιμώνται συσσωρευτές με μικρές ανάγκες συντήρησης και επίβλεψης.

Άρα η σωστή επιλογή του τύπου συσσωρευτών είναι πολύ σημαντικός παράγοντας για την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση και θέλει σωστή μελέτη.

2.1.2.3 Χαρακτηριστικά Μεγέθη Μπαταρίας

Κάποια από τα χαρακτηριστικά μεγέθη που αφορούν την μπαταρία είναι αυτά που αναφέρονται πιο κάτω:

- **Χωρητικότητα**

Η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να αποθηκευτεί σε ένα συσσωρευτή ή που μπορεί να αποδοθεί από αυτόν, είναι η χωρητικότητα C του συσσωρευτή. Η χωρητικότητα συνήθως καθορίζεται για ένα συγκεκριμένο ρυθμό εκφόρτισης ή περίοδο εκφόρτισης.

Εξαρτάται από αρκετούς σχεδιαστικούς παράγοντες, στους οποίους συμπεριλαμβάνονται η ειδική πυκνότητα του ηλεκτρολύτη, η ποσότητα του ενεργού υλικού, ο αριθμός, ο σχεδιασμός και οι φυσικές διαστάσεις των πλακών (ηλεκτροδίων).

- **Εκφόρτιση και επιτρεπόμενο βάθος εκφόρτισης**

Το επιτρεπόμενο βάθος εκφόρτισης (depth of discharge ή DOD) είναι το μέγιστο ποσοστό της χωρητικότητας το οποίο μπορεί να αποδοθεί από τη μπαταρία. Συνήθως καταδεικνύεται από την τάση αποκοπής ή τάση βάθους εκφόρτισης και από τον ρυθμό εκφόρτισης.

Στα τυπικά φωτοβολταϊκά συστήματα, προβλέπεται μία τάση αποκοπής του φορτίου από τη συσκευή του ρυθμιστή φόρτισης συσσωρευτών και έτσι καθορίζεται το επιτρεπόμενο βάθος εκφόρτισης για δεδομένο ρυθμό εκφόρτισης.

- **Αυτοεκφόρτιση**

Η αυτοεκφόρτιση είναι η διαδικασία κατά την οποία ο συσσωρευτής υφίσταται μείωση του SOC (state of charge), χωρίς να είναι συνδεδεμένος με κάποια κατανάλωση. Τα αίτια είναι οι εσωτερικοί χημικοί μηχανισμοί ή άλλες απώλειες της μπαταρίας και σημαντικοί παράγοντες στη διαδικασία της αυτοεκφόρτισης είναι τα ενεργά υλικά και τα στοιχεία του κράματος του πλέγματος που επιλέχθηκαν κατά τον σχεδιασμό του συσσωρευτή.

- **Φόρτιση**

Η φόρτιση του συσσωρευτή είναι η διαδικασία αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας με παροχή ηλεκτρικού ρεύματος προς τον συσσωρευτή. Οι μέθοδοι φόρτισης που εφαρμόζονται από τους ρυθμιστές φόρτισης στα φωτοβολταϊκά συστήματα, διαφέρουν γενικά από αυτές που εφαρμόζουν οι κατασκευαστές για να καθορίσουν τις επιδόσεις της μπαταρίας.

Οι προδιαγραφές δεν περιορίζουν κατά κανόνα το ρεύμα φόρτισης του συσσωρευτή εφόσον δεν γίνει υπέρβαση της τάσης εκλύσεως αερίων. Ωστόσο, η τάση εκλύσεως αερίων γίνεται μικρότερη καθώς το ρεύμα φόρτισης γίνεται μεγαλύτερο. Γενικά η έκλυση αερίων είναι αναπόφευκτη αφού συμβαίνει τόσο κατά τη διάρκεια της φόρτισης όσο και μετά την υπέρβαση της τάσης εκλύσεως αερίων.

- **Συντελεστής φόρτισης και απόδοση ισχύος**

Τα αμπερώρια (Ah) που είναι απαραίτητα για τη φόρτιση ενός συσσωρευτή και την αύξηση του SOC κατά ένα συγκεκριμένο ποσοστό είναι, κατά κανόνα, περισσότερα από τα Ah που αποδίδει όταν εκφορτιστεί κατά το ίδιο ποσοστό του SOC.

- Έκλυση ατμών, δημιουργία κρυστάλλων και διάβρωση στους συσσωρευτές μολύβδου.

Η υπερβολική φόρτιση και το αυξημένο ρεύμα φόρτισης των συσσωρευτών οδηγεί σε έκλυση αερίων. Το φαινόμενο αφορά στον σχηματισμό αερίου οξυγόνου (O₂) στις θετικές πλάκες και αερίου υδρογόνου (H₂) στις αρνητικές.

Αν ο συσσωρευτής βρεθεί για παρατεταμένο χρονικό διάστημα σε κατάσταση μερικής φόρτισης, κρύσταλλοι θειικού μολύβδου αναπτύσσονται επάνω στην επιφάνεια των θετικών πλακών.

Οι κρύσταλλοι με την πάροδο του χρόνου αυξάνονται, μειώνοντας την ποσότητα του ενεργού υλικού που συμμετέχει στην αντίδραση και την ενεργή επιφάνεια των πλακών με αποτέλεσμα τη μείωση της χωρητικότητας του συσσωρευτή.

Οι συσσωρευτές, λόγω καιρικών συγκυριών, μπορούν να βρεθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα σε κατάσταση μερικής φόρτισης και για τον λόγο αυτό απαιτείται εφαρμογή ρεύματος εξισορρόπησης για συντήρηση.

Γενικότερα, το πλέγμα μπορεί να υποστεί διάβρωση για πολλούς λόγους όπως η οξειδωση και συχνά η αντοχή του είναι αυτή που υποδεικνύει την διάρκεια ζωής του συσσωρευτή.

2.1.3 Αντιστροφείας DC/AC

Ο αντιστροφείας ο οποίος λέγεται επίσης μετατροπέας ή αναστροφείας (inverter) είναι ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που μετατρέπει τη συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη.

Ο αντιστροφείας είναι δυνατόν να υπάρχει ως αυτόνομη ηλεκτρονική συσκευή, ή ως βαθμίδα άλλης ηλεκτρονικής συσκευής. Ως αυτόνομη συσκευή, χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών συστημάτων, αυτόνομα

συστήματα ενέργειας με συσσωρευτές, και όπου αλλού χρειάζεται να μετατρέψουμε συνεχή τάση 12 V ή 24 V (συνηθέστερες τιμές), σε εναλλασσόμενη 220 V. Ως τελική βαθμίδα, υπάρχει στα UPS (συστήματα αδιάλειπτης παροχής ισχύος).

Σε εγκαταστάσεις Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) οι inverters διακρίνονται σε αντιστροφείς διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών συστημάτων και σε αντιστροφείς αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Όσον αφορά την τεχνολογία κατασκευής αντιστροφέων "αυτόνομων συστημάτων", η κυριότερη διάκριση είναι ανάμεσα στους αντιστροφείς "καθαρού ημιτόνου" και στους αντιστροφείς "τροποποιημένου ημιτόνου".

Οι αντιστροφείς καθαρού ημιτόνου έχουν υψηλότερο κόστος αλλά επιτυγχάνουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης, είναι συμβατοί με όλες τις συσκευές και έχουν γενικά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Οι διασυνδεδεμένοι αντιστροφείς είναι ημιτονοειδούς κύματος αντιστροφείς και είναι σχεδιασμένοι για να διοχετεύουν ηλεκτρική ενέργεια στο ηλεκτρικό σύστημα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι inverters πρέπει να είναι συγχρονισμένοι με τη συχνότητα του δικτύου.

Ανάλογα με το είδος της πηγής εισόδου οι αντιστροφείς μπορούν να διαιρεθούν σε δύο κυρίως κατηγορίες:

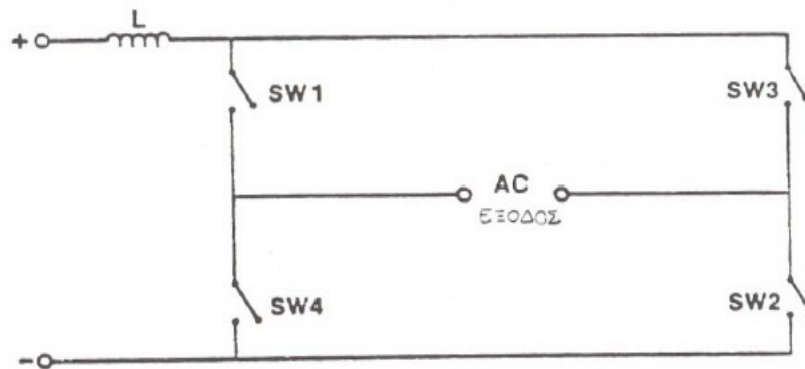
- Στους αντιστροφείς οι οποίοι τροφοδοτούνται από πηγή συνεχούς τάσης (Αντιστροφείς Τάσης – Voltage Source Inverters ή Voltage fed Inverters - VSI). Στην πράξη έχουν τις περισσότερες εφαρμογές.
- Στους αντιστροφείς οι οποίοι τροφοδοτούνται από πηγή συνεχούς ρεύματος (Αντιστροφείς Ρεύματος – Current Source Inverters ή Current fed Inverters - CSI).

Κάθε μία από τις δύο παραπάνω κατηγορίες μπορεί επίσης να υποδιαιρεθεί στις εξής δύο κατηγορίες:

- Στους μονοφασικούς αντιστροφείς
 - σε συνδεσμολογία ημιγέφυρας (με δύο ελεγχόμενα ημιαγωγικά διακοπτικά στοιχεία)
 - σε συνδεσμολογία πλήρους γέφυρας (με τέσσερα ελεγχόμενα ημιαγωγικά διακοπτικά στοιχεία).
- Στους τριφασικούς αντιστροφείς (με έξι ελεγχόμενα ημιαγωγικά διακοπτικά στοιχεία).

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα διασυνδεδεμένο με το δίκτυο για να μπορεί να διοχετεύει την ισχύ του σε αυτό, είναι απαραίτητο να μπορεί να μετατρέπει την συνεχή τάση εξόδου του σε εναλλασσόμενη με χαρακτηριστικά ίδια με αυτά του δικτύου, ώστε να μη δημιουργεί πρόβλημα στη λειτουργία του δικτύου και στη ποιότητα ισχύος που αυτό παρέχει. Την μετατροπή αυτή επιτυγχάνουμε μέσω του αντιστροφέα (Inverter) ή DC to AC Converter, η θέση του οποίου σε ένα σύστημα φαίνεται στο σχήμα.

Τα χαρακτηριστικά που θέλουμε να επιτύχουμε στην έξοδο του αντιστροφέα είναι ημιτονοειδής ισχύς εξόδου σταθερού πλάτους, σταθερής συχνότητας και χωρίς απώλειες. Συνήθως για τη μετατροπή αυτή χρησιμοποιούμε ημιαγωγικά στοιχεία ισχύος σαν διακόπτες όπως τρανζίστορ ή θυρίστορ και η γενική τοπολογία του κυκλώματος του αντιστροφέα φαίνεται στο σχήμα :



Τοπολογία κυκλώματος αντιστροφέα

Τα ημιαγωγικά στοιχεία που χρησιμοποιούμε έχουν την ιδιότητα να άγουν ή όχι ανάλογα με το αν τους δίνεται παλμός έναυσης από κάποιο ανεξάρτητο λογικό κύκλωμα ενώ η σβέση τους μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με παλμούς (τρανζίστορ) είτε κάτω από ειδικές συνθήκες όπου το ρεύμα που διαρρέει το διακόπτη μηδενίζεται για κάποιο χρονικό διάστημα (θυρίστορ). Τα στοιχεία αυτά ανοιγοκλείνουν ανά ομάδες (1,2) και (3,4) για χρόνο μισημιπεριόδου, με μια συχνότητα ίση με την διπλάσια της συχνότητας του δικτύου ($f=50\text{Hz}$) ή περίοδο $T=2f=0.01\text{ sec}$.

Το πηνίο στην είσοδο του αντιστροφέα χρειάζεται για να εξομαλύνει τις μεταβολές της τάσης που δημιουργούν οι διακόπτες, ενώ στην έξοδο υπάρχει συνήθως ένας μετασχηματιστής.

2.1.3.1 Αρχή Λειτουργίας Αντιστροφέα

Οι αντιστροφείς που συνδέονται στο δίκτυο μπορούν να λειτουργούν σύμφωνα με διάφορες αρχές:

- Η έξοδος του αντιστροφέα λαμβάνεται σαν μια ρυθμιζόμενη πηγή ρεύματος. Η αλλαγή με το χρόνο της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ρυθμίζεται έτσι ώστε να αντιστοιχεί στις αλλαγές της προβλεπόμενης τάσης του δικτύου. Εάν η τάση του δικτύου αποκλίνει

σημαντικά από την ημιτονοειδή κυματομορφή, αυτή θα ακολουθηθεί από τον αντιστροφέα και θα λειτουργήσει με βάση αυτή.

- Ανεξάρτητα από την κυματομορφή της τάσης του δικτύου, ο αντιστροφέας παρέχει εσωτερικώς ρυθμιζόμενο, ημιτονοειδώς διαμορφωμένο ρεύμα στο δίκτυο, το οποίο ρέει ταυτόχρονα με τη τάση του δικτύου.
- Ο αντιστροφέας επιχειρεί να βελτιώσει τη κυματομορφή της τάσης του δικτύου παρέχοντας ηλεκτρισμό με την κατάλληλη κυματομορφή. Αυτό επιτυγχάνεται καλύτερα όταν το διασυνδεδεμένο δίκτυο έχει χαμηλότερη ισχύ (μεγαλύτερη σύνθετη αντίσταση) από ότι εκείνα με μεγαλύτερη ισχύ.

2.1.3.2 Εφαρμογές Αντιστροφέα

Οι αντιστροφείς έχουν εφαρμογές σε πολλές περιοχές, μερικές από τις οποίες είναι οι παρακάτω:

- Συστήματα ελέγχου των στροφών (ή της ροπής) ηλεκτρικών κινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος (Adjustable Speed AC Drives - ASD).
- Συστήματα αδιάλειπτης παροχής ισχύος (Uninterruptable Power Supplies-UPS).
- Συστήματα επαγωγικής θέρμανσης (Induction Heating).
- Συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.)
 - μετατροπή και έλεγχος της τάσης εξόδου αιολικών γεννητριών.
 - μετατροπή και έλεγχος της τάσης εξόδου φωτοβολταϊκών γεννητριών.
- Συστήματα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας – ενεργά φίλτρα για μείωση των αρμονικών και βελτίωση της ποιότητας της ηλεκτρικής ενέργειας
- Συστήματα διόρθωσης του Συντελεστή Ισχύος (Power Factor Correction – PFC)
- Συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από κυψέλες υδρογόνου (FuelCells).

2.1.3.3. Κριτήρια Επιλογής Αντιστροφέα

Οι αντιστροφείς του διασυνδεδεμένου δικτύου διαθέτουν μια ποικιλία στόχων που καλούνται να εκπληρώσουν και πρέπει να ικανοποιούν διάφορες ρυθμίσεις. Κατά την επιλογή ενός αντιστροφέα για το σύστημα, προσοχή θα πρέπει να δοθεί στα ακόλουθα σημεία:

- **Αυτόματη έναρξη λειτουργίας το πρωί.**

Μετά την ανατολή, ο αντιστροφέας πρέπει να αναγνωρίζει πότε η ισχύ της φωτοβολταϊκής γεννήτριας είναι αρκετά υψηλή ώστε να εξασφαλίζει σύνδεση και ηλεκτρική παροχή στο δίκτυο.

- **Υψηλή απόδοση υπο φορτίο μικροτερο του ονομαστικού.**

Η ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά συστήματα καθώς είναι πολύτιμη και δαπανηρή πρέπει να μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο ρεύμα στον αντιστροφέα με τις ελάχιστες δυνατές απώλειες. Επειδή ο καιρός δεν είναι πάντοτε ηλιόλουστος, το σύστημα συχνά λειτουργεί με μερικό φορτίο.

Η εσωτερική κατανάλωση του αντιστροφέα συνεπώς έχει σημαντική επίδραση στην καμπύλη απόδοσης. Στους καλούς αντιστροφείς η εσωτερική κατανάλωση του αντιστροφέα είναι μικρότερη από 1% της ισχύος.

- **Λειτουργία ορισμένης υπερφόρτισης**

Όταν η ισχύς ξεπεράσει το όριο της στη πλευρά του συνεχούς ρεύματος, πρέπει να ληφθούν μέτρα που να εξασφαλίζουν ότι ο αντιστροφέας δεν θα απενεργοποιείται και θα παραμένει ανενεργός μέχρι το επόμενο πρωί. Θα είναι προτιμότερο εάν ο αντιστροφέας μπορεί να διατηρεί τη λειτουργία του διαθέτοντας ένα όριο ισχύος. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μετακινώντας το σημείο λειτουργίας μακριά από το σημείο μέγιστης ισχύος προς τις υψηλότερες τιμές τάσης.

- **Λειτουργία στο σημείο μέγιστης ισχύος από τη πλευρά της ηλιακής γεννήτριας.**

Οι ηλιακές κυψέλες έχουν μια χαρακτηριστική καμπύλη με ένα προφανές μέγιστο. Για τα κρυσταλλικά πάνελα το καλύτερο σημείο λειτουργίας είναι συνήθως σε μια τάση λειτουργίας, η οποία είναι περίπου 20% χαμηλότερη από τη τάση ανοιχτοκύκλωσης. Καθώς η πυκνότητα της ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερη από μια συγκεκριμένη τιμή, η τάση της ηλιακής γεννήτριας που αντιστοιχεί στο μέγιστο

σημείο ισχύος (VMPP) εξαρτάται μόνο από την θερμοκρασία της ηλιακής κυψέλης. Η τάση VMPP πέφτει περίπου 0.4% για κάθε βαθμό αύξησης της θερμοκρασίας σε Κ. Καθώς η θερμική χρονική σταθερά για το ηλιακό πάνελ είναι εννιά με δέκα λεπτά, η προσαρμογή στο σημείο μέγιστης λειτουργίας δεν χρειάζεται να επαναλαμβάνεται πολύ συχνά, περίπου κάθε τρία λεπτά.

- **Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος των ηλεκτρονικών εσωτερικού ελέγχου από τη πλευρά της ηλιακής γεννήτριας.**

Κατά τη διάρκεια της νύχτας, ο αντιστροφέας δεν πρέπει να καταναλώνει οποιοδήποτε ποσό ισχύος από το δίκτυο. Τα ηλεκτρονικά ισχύος ελέγχου δεν πρέπει να θέτονται σε λειτουργία έως ότου η τάση της ηλιακής γεννήτριας να ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο όριο το πρωί.

- **Αντοχή του αντιστροφέα σε συνθήκες βραχυκύκλωσης και ανοιχτοκύκλωσης.**

Ο αντιστροφέας δεν πρέπει να καταστρέφεται εάν το δίκτυο αποσυνδεθεί ενώ υφίσταται η τάση της φωτοβολταϊκής γεννήτριας. Το αίτημα αυτό είναι δύσκολο να ικανοποιηθεί, επειδή όταν το δίκτυο ξαφνικά αποσυνδεθεί, η αποθηκευμένη ενέργεια στα πηνία και τις χωρητικότητες δεν μπορεί πλέον να διαχυθεί στο δίκτυο αλλά να διασκορπιστεί εσωτερικώς. Αυτή η κατάσταση δύναται να συμβεί εάν ο διακόπτης κλείσει αμέσως στον αντιστροφέα κατά τη διάρκεια λειτουργίας πλήρους φορτίου.

- **Διηλεκτρική δύναμη**

Τόσο η είσοδος όσο και η έξοδος του αντιστροφέα πρέπει να είναι αρκετά ανθεκτικές στην υπέρταση.

- **Ακουστικός θόρυβος**

Ο ακουστικός θόρυβος πρέπει να είναι ο ελάχιστος δυνατός.

- **Αυτόματη αποσύνδεση από το δίκτυο σε απόκλιση τάσης ή συχνότητας.**

Τα ηλεκτρονικά στοιχεία του αντιστροφέα πρέπει να αναγνωρίζουν τα σφάλματα του δικτύου. Εάν υπάρχουν αποκλίσεις από τη συχνότητα ή την τάση του δικτύου, ή διακοπή της μιας φάσης, ο αντιστροφέας πρέπει να αποκόπτεται από το δίκτυο εντός ενός δεδομένου χρονικού πλαισίου. Ο χρόνος αυτός εξαρτάται από τον τύπο του εναλλασσόμενου δικτύου.

- **Συντελεστής ισχύος $\cos \varphi > 0.9$**

Ο συντελεστής ισχύος του συστήματος του πελάτη πρέπει να είναι κοντά στη μονάδα. Αυτό εμποδίζει να απορροφάται από το δίκτυο μεγάλη ποσότητα άεργου ισχύος. Αντιστροφείς με αυτόματη διαμόρφωση πλάτους έχουν συντελεστή ισχύος, $\cos \varphi = 1$.

- **Χαμηλό αρμονικό περιεχόμενο στην παροχή εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος στο δίκτυο.**

Σε έναν ιδανικό αντιστροφέα, η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στο δίκτυο θα συνίσταται μόνο από τη θεμελιώδη συχνότητα των 50 Hz. Στους πραγματικούς αντιστροφείς, η ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια διαθέτει ένα δεδομένο περιεχόμενο αρμονικών. Παρόλα αυτά, οι ηλεκτρονικές συσκευές που συνδέονται στο δίκτυο χαμηλής τάσης πρέπει να συμμορφώνονται με τους γενικούς κανονισμούς για τις αρμονικές.

- **Σήματα συγχρονισμού**

Οι διασυνδεδεμένοι στο δίκτυο αντιστροφείς δεν πρέπει να ενοχλούνται από χαμηλής συχνότητας σήματα συγχρονισμού. Τα σήματα συγχρονισμού επιβάλλονται από την τάση του δικτύου των 50Hz και δεν πρέπει να προκαλούν καμία σημαντική διακοπή του αντιστροφέα. Αντιθέτως, οι αντιστροφείς δεν πρέπει να μειώνουν τα σήματα συγχρονισμού πάρα πολύ έντονα, π.χ. με εσωτερικά φίλτρα.

- **Επαρκής ενοργάνωση, απλός χειρισμός από το χρήστη**

Ο χειριστής του διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος πρέπει να μπορεί να αποφαίνεται εάν το σύστημα λειτουργεί σωστά με μια γρήγορη ματιά. Η επίδειξη των ακολούθων τιμών είναι χρήσιμη για το σκοπό αυτό.

- τάση της ηλιακής γεννήτριας
- ένταση της ηλιακής γεννήτριας
- ένταση του δικτύου
- κατάσταση μόνωσης της ηλιακής γεννήτριας
- πληροφορίες κατάστασης λειτουργίας

2.1.3.4 Τύποι Αντιστροφέα

Υπάρχουν διάφορες τοπολογίες που μπορεί να υλοποιηθεί ένας αντιστροφέας. Η απλή τοπολογία παρουσιάζει υψηλό βαθμό απόδοσης αλλά η κυματομορφή και η σταθεροποίηση της τάσης εξόδου δεν είναι αποδεκτή για τις περισσότερες εφαρμογές. Τα μειονεκτήματα αυτά μπορούν να εξαλειφθούν εν μέρει με τη βοήθεια φίλτρων τα οποία όμως έχουν μεγάλο όγκο και κόστος. Άλλες πιο προχωρημένες τεχνικές μειώνουν τις απαιτήσεις σε φίλτρα αλλά παρουσιάζουν μεγαλύτερες απώλειες.

Συνεπώς η επιλογή της τοπολογίας βασίζεται στην εύρεση της χρυσής τομής ανάμεσα σε αντικρουόμενες απαιτήσεις όσον αφορά το κόστος, την ποιότητα της τάσης εξόδου, το περιεχόμενο σε αρμονικές, τον όγκο κ.λ.π. Αν και η τεχνολογία των αντιστροφέων είναι αρκετά ανεπτυγμένη, εν τούτοις δεν είναι αρκετά ξεκάθαρο ποια από τις πολλές τοπολογίες που υπάρχουν είναι η καταλληλότερη για κάθε φωτοβολταϊκή εφαρμογή.

Ένας αντιστροφέας πρέπει να εκτελεί τρεις λειτουργίες που είναι:

- αντιστροφή,
- ρύθμιση της τάσης
- διαμόρφωση της κυματομορφής.

Οι αντιστροφείς που υπάρχουν μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με το σβήσιμο των διακοπτικών τους στοιχείων όταν αυτά είναι θυρίστορ. Όταν η ενέργεια για το σβήσιμο των θυρίστορ παρέχεται από μια εξωτερική πηγή (δίκτυο) τότε ανήκουν στην κατηγορία των αντιστροφέων οδηγούμενων από το δίκτυο ή με φυσική μετάβαση.

Όταν η ενέργεια αυτή προέρχεται από εσωτερικά κυκλώματα που περιέχουν στοιχεία όπως πυκνωτές τότε ανήκουν στην κατηγορία των αντιστροφέων με εξαναγκασμένη μετάβαση ή αυτοοδηγούμενοι αντιστροφείς. Οι αντιστροφείς που περιέχουν τρανζίστορς ανήκουν πάντα στην κατηγορία των φυσικά αυτοοδηγούμενων αντιστροφέων.

Η τάση που παράγεται από τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια είναι ακατάλληλη για την άμεση σύνδεση του φωτοβολταϊκού σταθμού στο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Ο ρόλος του αντιστροφέα είναι η μετατροπή της συνεχούς τάσης που

παράγεται από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία σε εναλλασσόμενη, κατάλληλης τιμής και συχνότητας για διασύνδεση στο δίκτυο.

Οι αντιστροφείς DC/AC μπορεί να είναι είτε μονοφασικοί είτε τριφασικοί. Επιπλέον, οι αντιστροφείς μπορεί να είναι μικροί (string inverters) ή κεντρικοί, ανάλογα με τις απαιτήσεις του συστήματος. Οι κεντρικοί μετατροπείς ενδείκνυνται ιδιαίτερα για τη δημιουργία φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων με ομοιογενή δομή (πλαίσια του ίδιου τύπου με ταυτόσημο προσανατολισμό και κλίση). Χρησιμοποιούνται για εγκαταστάσεις άνω των 100 kWp και έχουν σχεδιαστεί για εξωτερική χρήση.



Παράδειγμα string και κεντρικών inverter

Η χρήση ενός πολλαπλού αντιστροφέα για συστήματα με διαφορετικούς προσανατολισμούς βοηθάει στη μείωση των ενεργειακών απωλειών. Η λογική αυτή ονομάζεται 'multi-string concept'. Το σύστημα σχεδιάζεται έτσι ώστε τα πλαίσια με ίδια ηλιακή ακτινοβολία να είναι συνδεδεμένα σε μια γεννήτρια. Κάθε γεννήτρια έχει τον δικό της DC-DC αντιστροφέα με ένα ξεχωριστό MPP tracker-ανιχνευτή για ενεργοποίηση της αντίστοιχης γεννήτριας στην μέγιστη ισχύ της. Χάρη σε αυτή την τεχνολογία μειώνονται τα έξοδα του συστήματος, η εγκατάσταση απλοποιείται σημαντικά και αυξάνεται η ενεργειακή απόδοση καθώς και η διαθεσιμότητα της εγκατάστασης.



Multi-string inverter type SB 4200TL και MPP tracker-ανιχνευτής

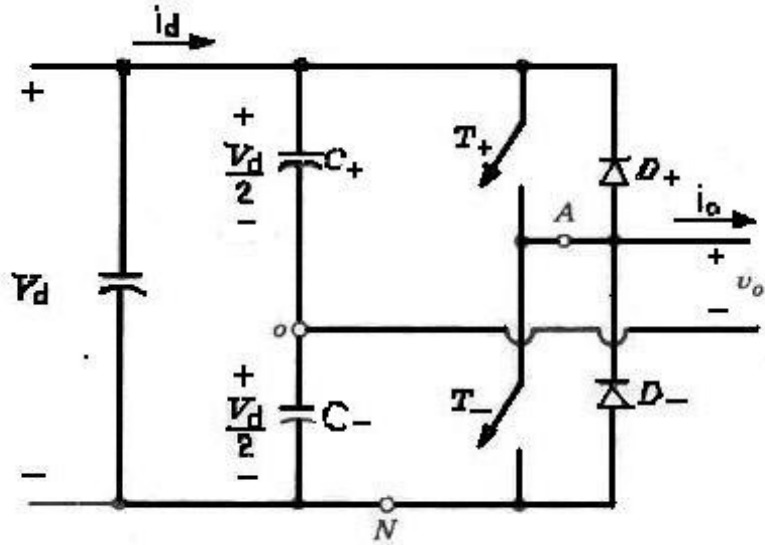
Επίσης, όταν η είσοδος είναι μια πηγή τάσης, αυτοί ονομάζονται αντιστροφείς πηγής τάσης (VSI) ενώ αν για είσοδο λαμβάνεται μια πηγή έντασης, ονομάζονται αντιστροφείς πηγής έντασης (CSI). Ο χαρακτηρισμός του αντιστροφέα δεν έχει να κάνει απαραίτητα με την ενεργειακή πηγή του συστήματος, αλλά με την τοπολογία. Έτσι είναι δυνατόν να αλλάξει η μορφή της πηγής χρησιμοποιώντας παθητικά στοιχεία. Οι αντιστροφείς πηγής τάσης έχουν μια χωρητικότητα παράλληλα συνδεδεμένη με την πηγή, ενώ οι αντιστροφείς πηγής έντασης ένα πηνίο σε σειρά με την πηγή.

2.1.3.4.1 Μονοφασικός Αντιστροφέας

Το βασικό εξάρτημα ενός αντιστροφέα που συνδέει το φωτοβολταϊκό με το δίκτυο της ΔΕΗ είναι ένα κύκλωμα γέφυρας με thyristors. Οι μονοφασικοί αντιστροφείς χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με την τοπολογία τους: σε αντιστροφείς ημιγέφυρας και πλήρους γέφυρας. Οι πρώτοι υστερούν σαφώς για αυτό και σε εφαρμογές ΑΠΕ χρησιμοποιούνται οι αντιστροφείς πλήρους γέφυρας. Διάφορες τεχνικές ελέγχου, υλοποιούν διαφορετικές κυματομορφές εξόδου της εναλλασσόμενης τάσης.

- **Μονοφασικός Αντιστροφέας με Μισή Γέφυρα**

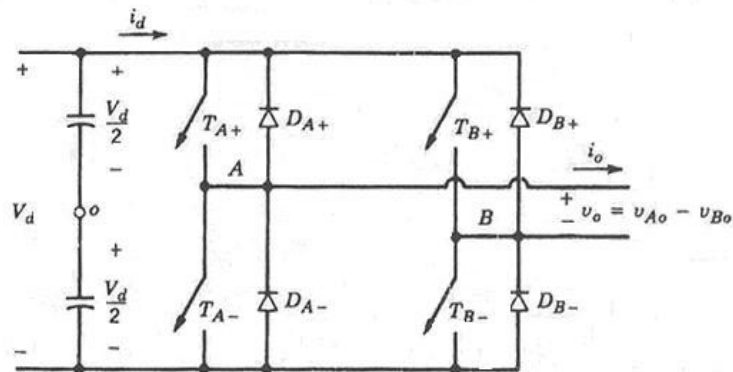
Στο παρακάτω σχήμα δίνεται ένας αντιστροφέας με μισή γέφυρα. Στα άκρα της dc εισόδου συνδέονται σε σειρά δυο πυκνωτές. Το σημείο σύνδεσης των πυκνωτών βρίσκεται στο μισό δυναμικό όπου στα άκρα κάθε πυκνωτή αναπτύσσεται τάση ίση με $V_d/2$. Οι χωρητικότητες που χρησιμοποιούνται είναι μεγάλες, ώστε το δυναμικό στο σημείο "ο" να παραμένει ουσιαστικά σταθερό σε σχέση με το δυναμικό του αγωγού "N". Στην διαμόρφωση εύρους πλάτους (PWM), η κυματομορφή της τάσης εξόδου είναι αυτή που απεικονίζεται παρακάτω:



Αντιστροφέας με μισή γέφυρα

- **Μονοφασικός Αντιστροφέας με Πλήρη Γέφυρα**

Ένας αντιστροφέας με πλήρη γέφυρα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Ο αντιστροφέας αυτός αποτελείται από δυο αντιστροφέες με μισή γέφυρα και προτιμάται σε σχέση με άλλες διατάξεις όταν υπάρχουν υψηλές απαιτήσεις σε ισχύ. Με την ίδια dc τάση εισόδου, η μέγιστη τάση εξόδου του αντιστροφέα με πλήρη γέφυρα είναι διπλάσια εκείνης του αντιστροφέα με μισή γέφυρα. Αυτό σημαίνει πως για την ίδια ισχύ, το ρεύμα εξόδου και τα ρεύματα των διακοπών είναι το μισό εκείνων του αντιστροφέα με μισή γέφυρα. Σε υψηλά επίπεδα ισχύος αυτό είναι πλεονέκτημα, εφόσον απαιτεί λιγότερους παραλληλισμούς ημιαγωγικών στοιχείων.

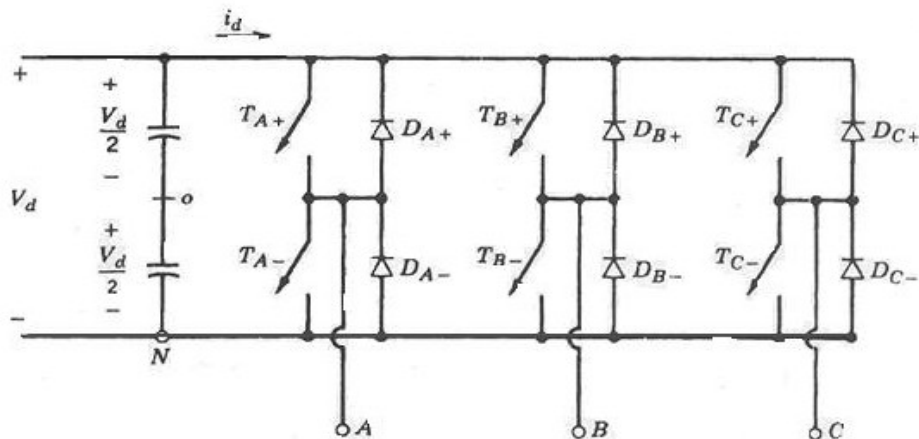


Μονοφασικός αντιστροφέας με πλήρη γέφυρα

2.1.3.4.2 Τριφασικός Αντιστροφέας

Οι τριφασικοί αντιστροφέες χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές μέσης και υψηλής ισχύος. Σκοπός τους είναι να παρέχουν μια τριφασική πηγή τάσης ή έντασης, όπου το πλάτος, η φάση και η συχνότητα να είναι ανά πάσα στιγμή ελεγχόμενα.

Επιπλέον, σε τριφασικές εφαρμογές χρησιμοποιούνται συνήθως οι τριφασικοί αντιστροφέες, αφού η τροφοδοσία ενός τριφασικού φορτίου μέσω τριών ξεχωριστών μονοφασικών αντιστροφέων είναι περίπλοκη. Το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο κύκλωμα τριφασικού αντιστροφέα αποτελείται από τρία σκέλη, ένα για κάθε φάση.



Τριφασικός αναστροφέας

2.1.3.5 Ρύθμιση Τάσης Σε Έναν Αντιστροφέα

Σε πολλές εφαρμογές χρειάζεται ο βαθμιαίος έλεγχος του λόγου της DC τάσης εισόδου που μπορεί να μεταβάλλεται προς την AC τάση εξόδου που τροφοδοτεί το φορτίο. Αυτό μπορεί να γίνει είτε με έναν AC ρυθμιστή τάσης μεταξύ της εξόδου του αντιστροφέα και του φορτίου που όμως δημιουργεί πολλές ανώτερες αρμονικές στην τάση εξόδου και αποφεύγεται, είτε με έναν DC/ DC μετατροπέα μεταξύ πηγής και ακροδεκτών εισόδου (αυξάνονται έτσι οι απώλειες του συστήματος λόγω του επιπρόσθετου μετατροπέα και απαιτείται ένα επιπλέον φίλτρο στην είσοδο).

2.1.3.6 Βαθμός Απόδοσης Αντιστροφέα

Ο (συνολικός) βαθμός απόδοσης του αντιστροφέα, σε συγκεκριμένες συνθήκες φόρτισης ορίζεται ως το πηλίκο της (AC) ισχύος εξόδου προς την (DC) ισχύ εισόδου, δηλαδή:

$$\eta (\%) = P_{AC} / P_{DC}$$

Ο βαθμός απόδοσης αντανακλά το ποσό της ισχύος που χάνεται ως απώλειες στον αντιστροφέα. Οι κυριότερες απώλειες εμφανίζονται στα ημιαγωγά στοιχεία ισχύος, ενώ άλλες πηγές απωλειών αποτελούν οι ωμικές αντιστάσεις των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, οι απώλειες αερισμού κτλ.

Ο βαθμός απόδοσης αποτελεί ίσως το σημαντικότερο χαρακτηριστικό ενός αντιστροφέα και κάθε μελετητής μηχανικός θα πρέπει να εξετάζει το σημείο αυτό. Ο λόγος είναι προφανής: απώλειες ισχύος μεταφράζονται σε απώλειες εισοδήματος σε διασυνδεδεμένα συστήματα.

Για παράδειγμα αν υποθεθεί ότι η μέση παραγωγή σε μία τοποθεσία είναι 1.300kWh/kWp το έτος τότε η μεταβολή κατά 1% (επί της ονομαστικής ισχύος) των απωλειών σε ένα Φ/Β σταθμό 100kWp, θα σήμαινε απώλειες εισόδων της τάξης των 585€/έτος.

Ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει το βαθμό απόδοσης, θεωρώντας ίδιο ποσό φόρτισης του αντιστροφέα, είναι η ύπαρξη ή μη μετασχηματιστή απομόνωσης. Όπως αναφέρθηκε στην αγορά υπάρχουν οι τεχνολογίες αντιστροφέων με μετασχηματιστή ή χωρίς. Τυπικές τιμές απόδοσης αντιστροφέων με μετασχηματιστή είναι της τάξης του 92-94% με μετασχηματιστή χαμηλής συχνότητας (LF) και 94-96% με μετασχηματιστή υψηλής συχνότητας (HF). Αντίθετα, σε αντιστροφείς χωρίς μετασχηματιστή ο βαθμός απόδοσης κυμαίνεται μεταξύ 96-98,5%.

Οι παραπάνω τιμές απόδοσης αναφέρονται στον καταγραφόμενο μέγιστο βαθμό απόδοσης (maximum efficiency). Η τιμή αυτή αναγράφεται πάντα στα τεχνικά φυλλάδια. Ωστόσο θα πρέπει να γνωρίζει κανείς ότι κάθε αντιστροφέας λειτουργεί λίγες φορές στον απολύτως μέγιστο βαθμό απόδοσης, καθώς αυτός εξαρτάται από το επίπεδο φόρτισης του αντιστροφέα και την DC τάση λειτουργίας. Ως βαθμός φόρτισης νοείται το ποσοστό της ισχύος εισόδου του αντιστροφέα, ως προς την ονομαστική ισχύ εισόδου ή η ισχύς εξόδου (ο ακριβής προσδιορισμός εξαρτάται από τον κατασκευαστή).

2.1.3.7 Βαθμός Προστασίας Αντιστροφέα

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την επιλογή και τοποθέτηση των αντιστροφέα είναι ο βαθμός προστασίας του (IP class). Αν και αντιστροφείς με υψηλό δείκτη προστασίας (π.χ. IP 65) μπορούν να τοποθετηθούν στον εξωτερικό χώρο, γενικά συνιστάται να αποφεύγεται η απευθείας έκθεση τους στον ήλιο και να τοποθετούνται στο πίσω μέρος των σταθερών βάσεων ή στη βάση των τράκερ.

Αντιστροφείς με μικρότερο δείκτη προστασίας IP (π.χ. IP44) μπορούν να τοποθετηθούν σε εξωτερικό χώρο με πρόβλεψη κάποιου καλύμματος προστασίας από

καιρικές συνθήκες. Αντίθετα αντιστροφείς με ακόμη μικρότερο δείκτη (π.χ IP 21-23) θα πρέπει οπωσδήποτε να τοποθετούνται σε εσωτερικό χώρο. Στην περίπτωση αυτή μέριμνα πρέπει να ληφθεί για τον επαρκή αερισμό του χώρου ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του αντιστροφέα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, σε ορισμένες περιπτώσεις αν θεωρείται σκόπιμο θα πρέπει να προβλεφθεί και η τοποθέτηση κλιματιστικού μηχανήματος.

Αναφορικά με την αξιοπιστία των αντιστροφέων, οι περισσότεροι κατασκευαστές εγγυώνται μία περίοδο της τάξης των 5 ετών. Είναι ωστόσο δυνατόν, με αντίστοιχη αύξηση του κόστους η περίοδος εγγύησης να επεκταθεί αρκετά, σε διάστημα ακόμη και 20 ετών.

Το γεγονός ότι οι αντιστροφείς εμφανίζουν σημαντικά μειωμένους χρόνους εγγύησης σε σχέση με τα υπόλοιπα βασικά τμήματα της Φ/Β εγκατάστασης (π.χ. πάνελ, βάσεις, καλώδια κτλ), λόγω της ηλεκτρονικής φύσης τους, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τους χρηματοοικονομικούς υπολογισμούς καθώς είναι πολύ πιθανόν στο διάστημα της 20ετίας που προβλέπεται η αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας από το ΔΕΣΜΗΕ να χρειαστεί να γίνει αντικατάσταση τους επί πληρωμή.

Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι όλοι οι αντιστροφείς της αγοράς είναι εξοπλισμένοι με συστήματα που επιτρέπουν την παρακολούθηση της λειτουργίας τους, την καταγραφή των δεδομένων και της δυνατότητας επικοινωνίας ώστε να καταστεί δυνατή η τοπική και απομακρυσμένη παρακολούθηση της πραγματικής παραγωγής του Φ/Β σταθμού. Ειδικά στην απομακρυσμένη παρακολούθηση, σχεδόν όλοι οι κατασκευαστές αντιστροφέων δίνουν τη δυνατότητα παρακολούθησης μέσω διαδικτύου, μέσω αντίστοιχων ιστοσελίδων, ώστε να είναι δυνατή η επισκόπηση της λειτουργίας από απόσταση και η αναφορά σφαλμάτων.

Βιβλιογραφία

1. <http://www.iqsolarpower.com/pvpanels.htm>
2. <http://www.sunproducts.gr/Content.php?PageId=75&Language=el>
3. http://www.4green.gr/data/news/preview_news/88687.asp#photo1
4. <http://www.iqsolarpower.com/batteriespv.htm>
5. <http://el.wikipedia.org/wiki/Αντιστροφέας>
6. <http://www.cocoon.gr/inverter-faq.html>
7. http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1
8. http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_active_solar.htm
9. <http://www.eac.com.cy/GR/Pages/solarenergygr.aspx>
10. <http://www.fotovoltaika-systems.gr/fotovoltaika-systhma.html>
11. <http://gr.krannich-solar.com/gr/my-solar-power-system/iliaki-energeia/pleonektimata-egkatastasis-fotovoltaikoy-systimatos.html>
12. <http://endiaferontart.pblogs.gr/2012/07/ti-einai-ta-fwtovoltaika-parka.html>
13. http://el.wikibooks.org/wiki/Χρήση_Φωτοβολταϊκών_συστημάτων_και_παραγωγή_ενέργειας_στην_Ευρώπη#.CE.A0.CE.BB.CE.B5.CE.BF.CE.BD.CE.B5.CE.BA.CF.84.CE.AE.CE.BC.CE.B1.CF.84.CE.B1_.CE.A6.CF.89.CF.84.CE.BF.CE.B2.CE.BF.CE.BB.CF.84.CE.B1.CE.B9.CE.BA.CF.8E.CE.BD

Εικόνες

1. <http://www.sideris-clima.gr/index.php?page=products&id=349&lang=gr&item=350>
2. http://www.4green.gr/data/news/preview_news/88687.asp#photo8
3. <http://roscovnicoff.blogspot.gr/2010/10/blog-post.html>
4. <http://saip666.en.made-in-china.com/product/NMbnxCjKQvhB/China-String-Inverters.html>
5. http://www.4green.gr/news/category_last_news.asp?category_id=151&page=2

6. <http://www.offgridpowerstore.com/proddetail.asp?prod=Sunny-Boy-SB-4200TL-HC-Multi-String-Inverter>
7. <http://www.sunnynews.gr/tag/ηλιακή-ενέργεια/>
8. <http://www.econews.gr/2009/04/10/windpower-replace-coal-power/>
9. <http://saveplanet.gr/news.php?newsid=898>
10. <http://www.eeei.gr/blogposts/102.html>
11. http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_biomass.htm
12. <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/geothermal.htm>
13. <http://www.in2life.gr/everyday/modernlife/article/223341/hliakh-energeia-mia-nea-oikonomia-anatellei.html>
14. <http://www.ecotimes.gr/5414/oi-anανεώσιμες-πηγές-ενέργειας-απε-δε/>
15. http://egpaid.blogspot.com/2009/10/blog-post_5165.html
16. http://el.wikipedia.org/wiki/Ηλιακή_ενέργεια
17. <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/pathitika.htm>
18. <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses>
19. <http://www.fotovoltaika-systems.gr/fotovoltaika-systhma.html>
20. <http://www.fotovoltaika-systems.gr/fotovoltaika-panel.html>
21. http://jimmy278.blogspot.gr/2013/10/blog-post_8467.html